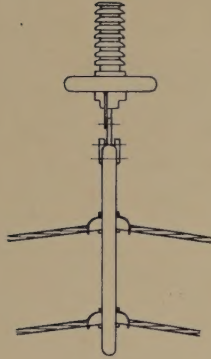


ÖZE ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

HERAUSGEGEBEN VOM VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWERKE ÖSTERREICHS



Freileitungen mit gebündelten Phasenleitern

Professor DDr. Gustav Markt

zum 80. Geburtstag

ÖSTERREICHISCHE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFTS-A. G.
(VERBUNDGESELLSCHAFT)

Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

Herausgegeben vom Verband der Elektrizitätswerke Österreichs
Organ des Österreichischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz

Schriftleitung: Dr.-Ing. Kurt Selden, Wien
Springer-Verlag/Wien

14. Jahrgang Dezember 1961 Heft 12

Inhaltsverzeichnis

Professor DDr. Markt 80 Jahre (O. Vas)	449
Originalarbeiten:	
BOLL, G., und K. KARRER: Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte für die Anwendung des Bündelleiters in der Technik der Höchstspannungsübertragung. Mit 6 Textabbildungen	449
MAGGI, L.: Die Anwendung der Bündelleiter in Italien. Mit 7 Textabbildungen	456
VÖGELI, R., und DREIER: Höchstspannungs-Leitungen in der Schweiz. Mit 13 Textabbildungen	466
GROOP, S., G. JANCKE und D. ZETTERHOLM: Bündelleiter. Mit 8 Textabbildungen	471
KOTHBAUER, A., und W. KRAUTT: Bündelleitungen im österreichischen Höchstspannungsnetz. Mit 9 Textabbildungen	482
Mitteilungen aus aller Welt	491
Energiewirtschaftliche Kurzberichte	493
Mitteilungen des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs	497
Mitteilungen des Bundeslastverteilers	498
Buchbesprechungen	501
Personalnachrichten	502
Kampf dem Stromtod	502

Firmenverzeichnis

zu den in diesem Heft enthaltenen Anzeigen

	Seite
AEG-Austria	
Wien IV, Schwarzenbergplatz 11	III
ASTA Eisen- und Metallwarenerzeugungs-Kommandit-Gesellschaft Stein & Co. in Oed	
Büro: Wien III, Untere Viaduktgasse 55	VI
Barth Josef	
Wien X, Neilreichgasse 45	X, XII
Burde, R. Kurt & Co.	
Wien IV, Prinz-Eugen-Straße 70	X
Daimler-Benz AG.	
Stuttgart-Untertürkheim	IX
Danubia A. G.	
Wien XIX, Krottenbachstraße 82—88	VII
Dörfler A. & Co.	
Wien XIX, Dollinergasse 3	XII
Einkaufsgenossenschaft	
Österreichischer Elektrizitätswerke reg. Gen. m. b. H.	
Wien IX, Alserstraße 44	II
Elektrometer G. m. b. H.	
Wien I, Franz-Josefs-Kai 47	XI
Elektro-Starkstrom-Apparatebau	
Kravaric & Co.	
Wien XXIII, Atzgersdorf, Breitenfurter Str. 274	XXIV
ELIN-UNION Aktiengesellschaft	
für elektrische Industrie	
Wien I, Volksgartenstraße 3	XVII

„Elix“ Allgemeine Glühlampenfabriks- Aktiengesellschaft	Seite
Wien I, Doblhoffgasse 5	VIII
Felten & Guillaume, Fabrik elektrischer Apparate A. G., Schrems-Eugenia, N.-Ö. Technisches Büro	
Wien II, Hollandstraße 6	XXII
Felten & Guillaume, Fabrik elektr. Kabel Stahl- und Kupferwerke A. G.	
Wien X, Gudrunstraße 11	X
Freissler Ing. A. Maschinen- und Aufzüge-Fabrik Ges. m. b. H.	
Wien X, Erlachplatz 2-4	II
Gebauer & Griller	
Wien IX, Borschkegasse 4	VIII
Haefely Emil & Cie A. G., Basel/Schweiz Generalvertretung für Österreich: Ing. Karl Wrba, Wien III, Weyrgasse 6	VIII
Hering A. Aktiengesellschaft, Nürnberg Vertretung für Österreich: Ing. Hubert Völkerer	
Wien XVII, Wichtelgasse 55	IV
Impregna, Holzimprägnierungsges. m. b. H.	
Wien VII, Museumstraße 3	IV
Isokor Isolierungs- und Korrosionsschutz-Gesellschaft (R. Rella OHG)	
Wien VIII, Schmidgasse 4	XII
König Dr. & Co.	
Wien VII, Kaiserstraße 46	X
Lumpi Ing. Josef Draht- und Drahtseilwerk	
Linz/Donau, Binderlandweg 7	VIII
Maschinenfabrik Reinhausen Gebrüder Scheubeck KG.	
Regensburg 6, Falkensteinstraße 8	XXIII
Metall- und Stahlbau Weng Admont/Stmk.	
Stadtbüro: Wien I, Schwarzenbergstraße 1-3 .	X
Minerva, Wissenschaftliche Buchhandlung Gesellschaft m. b. H.	
Wien I, Mölkerbastei 5 — Schottenbastei 2 . .	XII
Oesterreichische Brown Boveri-Werke A. G.	
Wien I, Franz Josefs-Kai 47	XV
OKA Oberösterreichische Kraftwerke Aktiengesellschaft	
Linz/Donau, Bahnhofstraße 6	XXVI
Österreichische Donaukraftwerke Aktiengesellschaft	
Wien I, Hohenstaufengasse 6	XXII
Österreichische Elektrizitätswirtschafts- Aktiengesellschaft (Verbundgesellschaft)	
Wien I, Am Hof 6 A	Titelseite
Panhans Grand-Hotel Semmering	XXVI
Plansee Metallwerk Aktiengesellschaft Reutte/Tirol	
Handelsabteilung: Wien I, Wipplingerstraße 25	XIII
Reimer & Seidel, Elektrizitätszählerfabrik	
Wien XVIII, Riglergasse 4	XI
Rosenthal-Isolatoren GmbH. Selb-Bay., W.-Germany	
Vertreter für Österreich: Dipl.-Ing. Wilhelm Keilitz	
Wien I, Schuberting 4	XVI
Sachsenwerk Licht- und Kraft-Aktiengesellschaft München	
Vertretung für Österreich: Ing. Alexander Frauendorfer	
Wien I, Börsegasse 18	XVIII
Siemens & Halske Ges. m. b. H.	
Wien III, Apostelgasse 12	XIII
Siemens-Schuckertwerke Ges. m. b. H.	
Wien I, Nibelungengasse 15	XIX
Simmering-Graz-Pauker A. G.	
Wien XI, Leberstraße 18	XXIV

Springer-Verlag	Seite
Wien I, Mölkerbastei 5	VI
St. Egyder Eisen- und Stahlindustrie-Gesellschaft	
Wien I, Elisabethstraße 12	XIII
Stemag, Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft	
13 a Hohenbrunn, Oberfranken	
Vertretung für Österreich:	
Dipl.-Ing. Leo Krystufek & Sohn OHG.	
Wien III, Dannebergplatz 16 (Arenbergring)	V
Steyr-Daimler-Puch AG.	
Wien I, Kärntnerring 7	XII
Uher & Co.	
Wien XIX, Mooslackengasse 17	XXI
Vogel Walter & Co. KG.	
Wien I, Wipplingerstraße 13	XXV
Vorarlberger Illwerke Aktiengesellschaft	
Bregenz	XX
Wagner-Biró Aktiengesellschaft	
Wien V, Margaretenstraße 70	XIV
Westtiroler Kraftwerke A. G.	
Innsbruck, Museumstraße 28/III	IV
Wiener Kabel- und Metallwerke AG.	
Wien I, Marco-d'Aviano-Gasse 1	XIX

Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

Für die Redaktion bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an die Schriftleitung, Wien IV, Brahmplatz 3, Besprechungsexemplare und Zeitschriften an Springer-Verlag, Wien I, Mölkerbastei 5, zu richten.

Aufnahmebedingungen: Die Manuskripte sollen in klarer Ausdrucksweise und unter Hinweglassung jedes überflüssigen Ballastes abgefaßt sein. An Abbildungen ist nur das sachlich Notwendige zu bringen. Die Vorlagen für Abbildungen sind auf besonderen Blättern erwünscht. Von Photographien werden Hochglanzkopien erbeten; Strichabbildungen können entweder in Reinzeichnung (Beschriftung nur in Bleistift ausführen) oder in klaren, verständlichen Handskizzen bestehen. Die Beschriftung und nötigenfalls die Reinzeichnung nimmt der Verlag vor.

Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung der zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Den Verfassern von Originalbeiträgen und Berichten werden 50 Sonderabdrucke ihrer Arbeit kostenlos geliefert. Sie können weitere Sonderdrucke, und zwar bis zu 150 Exemplaren, gegen Berechnung beziehen.

Bezugsbedingungen: Der Bezugspreis der Zeitschrift beträgt jährlich DM 31.—, sfr. 31.70, Dollar 7.40, in Österreich S 184.—, zuzüglich Versandgebühren. Abonnements können bei jeder Buchhandlung des In- und Auslandes, für die Bundesrepublik Deutschland und Westberlin auch beim Springer-Verlag, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, aufgegeben werden. Abonnements, deren Abbestellung nicht spätestens 14 Tage vor Ablauf des Halbjahres erfolgt, gelten als erneuert. Einzelhefte können nur, soweit Vorrat vorhanden ist, abgegeben werden. Jährlich erscheinen 12 Hefte.

Anzeigenaufträge werden vom Verlag entgegengenommen. Anzeigen-Generalvertretung für die Bundesrepublik Deutschland und Westberlin: Springer-Verlag, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3.

Springer-Verlag, Wien I, Mölkerbastei 5

Fernsprecher: 63 96 14 △

Telegrammadresse: Springerbuch

Berichtigung

Heft 12, Dezember 1961, Seite 451, rechte Spalte, 2. Absatz, 1. Zeile: Seiltype (statt Teiltype).

Die Unterschriften der Abbildungen lauten richtig:

Seite 493, Abb. 1: Katangesischer Abspann-Verdrillungs-
mast.

Seite 494, Abb. 2: Katangesischer Tragmast.

Auf Seite 494, linke Spalte, lauten die Zeilen 15 und 14
von unten richtig: Die Abb. 1 zeigt einen Abspann-
Verdrillungsmast, die Abb. 2 einen Tragmast. . .

Heft 10, Oktober 1961, Seite 391, linke Spalte, 3. Ab-
satz, 16. Zeile von oben lies: Materialkosten statt
Metallkosten.

Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

14. Jahrgang

Wien, Dezember 1961

Heft 12

Wenn Sie, lieber Professor DDr. Markt, bei Vollendung Ihres achten Lebensjahrzehnts auf Ihr Tun und Schaffen zurückschauen, so können Sie mit Stolz und Freude auf eine reiche Tätigkeit in allen Sparten — Wissenschaft, Technik, Wirtschaft — rückblicken.

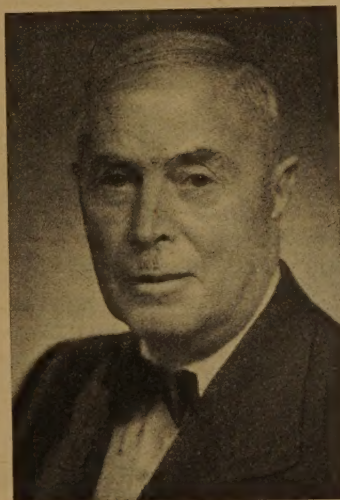
Als Assistent Ihres Lehrmeisters Hochenegg haben Sie Ihre an der Hochschule erworbenen Kenntnisse vertieft und mit Ihrer Doktorarbeit einen Beitrag zur Verbesserung der elektrischen Traktion geliefert. Mit dem Bau der ersten Hochspannungsleitung der Österreichischen Bundesbahnen und des Kraftwerkes Spullersee betraut, haben Sie Grundlegendes geleistet, um die Tücken des Hochgebirges bei der Errichtung von Hochspannungsanlagen zu überwinden. Als Direktor der Abteilung Zentralen der ÖSSW haben Sie bei der Entwicklung der Großkraftanlage mitgewirkt, als Direktor der Abteilung Bahnen für die Bahnelektrifizierung geworben, als Vorstandsmitglied dieses Unternehmens am Erkennen der Bedeutung der Wasserkräfte Österreichs und der Verbundwirtschaft beigetragen, als akademischer Lehrer in Wien und Innsbruck haben Sie unseren Nachwuchs an Elektro-Ingenieuren mit den Problemen der Großkraftübertragung vertraut gemacht. Ihr, mit Dr. Mengele herausgebrachter Vorschlag, die Phasenleiter der Höchstspannungsleitungen

zu bündeln, hat den Freileitungsbau revolutioniert, so daß es heute undenkbar ist, daß eine Höchstspannungsleitung anders als mit Bündelleitern ausgeführt wird.

Seit 15 Jahren sind Sie ein geschätzter Mitarbeiter der österreichischen Elektrizitätswirtschaftler und haben der Erkenntnis zum Durchbruch verholfen, daß das Problem der Energiebereitstellung in unserem Zeitalter des dauernd steigenden Energiebedarfes durch den Ausbau unserer Wasserkräfte, an welchen Ihre engere Heimat Tirol besonders reich ist, zu lösen ist, und haben die Projektierung des Ausbaues der Ötz und des Oberen Inn entscheidend bestimmt.

Wir freuen uns über die Ehrungen, die Ihnen zuteil wurden, besonders über Ihre Ernennung zum Ehrenbürger der Technischen Hochschule Wien und zum Dr.-Ing. E. h. der Technischen Hochschule München.

Ich spreche wohl im Namen aller Ihrer Verehrer, Freunde und Mitarbeiter im In- und Ausland, das Sie gerne als Berater für Fragen der Höchstspannungsübertragung heranzieht, wenn ich Sie, verehrter Professor DDr. Markt, zu Ihrem 80. Geburtstag auf das herzlichste beglückwünsche und der Hoffnung Ausdruck verleihe, daß Ihnen noch eine lange Reihe Lebensjahre vergönnt sei, die Sie in unverminderter Gesundheit verbringen mögen.



Alfred Markt

Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte für die Anwendung des Bündelleiters in der Technik der Höchstspannungsübertragung

Von Dr.-Ing. G. BOLL und Dipl.-Ing. K. KARRER, Deutsche Verbundgesellschaft e. V., Heidelberg

Mit 6 Textabbildungen

DK 621.315.145

Der Bündelleiter hat, wie viele wertvolle Neuerungen, lange Zeit gebraucht, bis er zur praktischen Anwendung im großen Rahmen gelangt ist. Schon vor etwa 50 Jahren in USA zur Erörterung gestellt, haben seine Vorteile erst mit den wachsenden Aufgaben der Stromübertragung soviel Gewicht bekommen, daß man nicht mehr daran vorbeigehen konnte. Heute wird man keine bedeutende Höchstspannungsleitung mehr planen, ohne die Vor- und Nachteile des Bündelleiters und

gegebenenfalls die Zahl der zu verwendenden Teilleiter einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Für diese Entwicklung, die zuerst in Europa einsetzte, waren die Veröffentlichungen von G. MARKT und B. MENGELE im Jahre 1932 bahnbrechend [1, 2]. Die Tatsache, daß heute der Bündelleiter als Konstruktionselement allgemeine Anerkennung gefunden und seine praktische Bewährungsprobe bestanden hat, daß aber seine Anwendung für die verschiedenen Übertragungsaufgaben und

Spannungen in jedem Einzelfall wieder geprüft wird, gibt Anlaß zu dem Versuch, über seine Vor- und Nachteile etwas Zusammenfassendes auszusagen.

I. Einfluß der Teilleiterzahl auf die Errichtungs- und Transportkosten

Die Nachteile, die der Anwendung des Bündelleiters entgegenstehen: größere Angriffsflächen für Wind und Eis, kompliziertere Armaturen, Erschwerungen beim Seilzug und daher höhere Errichtungs- und Jahreskosten sind schon zu Beginn der Erörterung vor 50 Jahren herausgestellt worden [19]. Ihr Ausmaß, ursprünglich überschätzt, kann heute klar übersehen werden. Auf der anderen Seite ermöglicht es der Bündelleiter, den Bereich der Übertragung auf Ströme und Spannungen auszudehnen, die mit dem Einzelleiter kaum oder nicht mehr zu erreichen wären. Die Erhöhung der natürlichen Leistung, die durch die Verminderung der Induktivität und die Vergrößerung der Kapazität zustande kommt, kann Vorteile mit sich bringen, die gegenüber anderen Möglichkeiten abzuwägen sind. Eine Entscheidung in diesen Fragen wird sich meist auf einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Leitungsarten stützen. Von größtem Wert für alle wirtschaftlichen Betrachtungen ist eine Kostenkurve oder Kostenformel, die den funktionsmäßigen Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern und den Kosten erkennen läßt. Selbst wenn diese Formel für viele Fälle nur eine angenäherte Schätzung der gesamten Errichtungskosten einer Leitung ermöglicht, so ist doch für eine allgemeine Erkenntnis wichtig zu wissen, wie groß die Unterschiede in den Errichtungskosten einer Leitung sind, die z. B. durch Änderung der Spannung, des Leiterquerschnittes und der Beseilung verursacht werden. Solche Kostenformeln konnten natürlich erst aufgestellt werden, nachdem zahlreiche Leitungstypen mit verschiedener Beseilung und für verschiedene Spannungen durchkalkuliert worden waren, und das wiederum war erst möglich, nachdem Leitungen mit Bündelleitern errichtet worden und die Kosten für Armaturen, Seilzug und Montage aus der Erfahrung bekannt waren.

Soweit den Verfassern solche Formeln bekannt sind, seien sie nachstehend angeführt; sie unterscheiden sich in ihrem Aufbau und in der Größe der den einzelnen Variablen zugeordneten Faktoren, die deren Einfluß bestimmen. Das ist leicht erklärlich, da der Anteil von Material und Lohn an den Errichtungskosten von Leitungen in den einzelnen Ländern verschieden ist.

Frankreich (Einfachleitung):

$$K_L = (a_1 + b_1 U + c_1 \sqrt{U} + d_1 Q + e_1 \sqrt{Q}) B_1 \quad \text{ffr/km [21]} \quad (1)$$

Schweden (Einfachleitung):

$$K_L = a_2 + b_2 U + c_2 U D \sqrt{n} + d_2 Q \quad \text{skr/km [20]} \quad (2)$$

USA (Einfachleitung):

$$K_L = [a_3 + b_3 U + c_3 U^2 + d_3 U q + e_3 q + f_3 q^2] g_3 B_3 \quad \text{Dollar/mile [19]} \quad (3)$$

Westdeutschland (Doppelleitung):

$$K_L = a_4 + b_4 U + c_4 q \sqrt[4]{n} \quad \text{DM/km [8]} \quad (4)$$

Die Kosten einer Einfachleitung betragen 67% dieses Wertes.

In diesen Formeln bedeuten:

- K_L = die Errichtungskosten je km bzw. mile,
- U = die Nennspannung in kV,
- D = der Durchmesser des Phasenleiters in mm,
- Q = der Gesamtquerschnitt der Stahl-Aluminium-Seile je Phase in mm²,
- B = ein Faktor für die Mehrkosten der Bündelleitung gegenüber der Einseilleitung,
- a, b, \dots = Konstanten,
- q = der gesamte Aluminiumquerschnitt je Phase und System in mm²,
- n = die Zahl der Teilleiter je Phase.

Die Konstanten in diesen Formeln sind durch die wirtschaftlichen Verhältnisse in jedem einzelnen Land gegeben und wechseln mit diesen.

Es ist bemerkenswert, daß in der schwedischen Formel ein Glied UD auftritt, das gleichzeitig Spannungs- und Querschnittseinflüsse repräsentiert, und daß die Teilleiterzahl nur dieses Glied beeinflußt, nicht aber das Glied, das mit Q den Gesamtquerschnitt berücksichtigt. Im Gegensatz dazu beeinflußt bei der amerikanischen und französischen Formel der Bündelfaktor B

alle Glieder, in der deutschen Formel der Faktor $\sqrt[4]{n}$ nur das Glied mit q . Die Zahl der Teilleiter geht in die schwedische Formel mit der Quadratwurzel, in die deutsche Formel mit der 4. Wurzel ein. Wenn man Zahlenwerte einsetzt, kann man feststellen, daß der Einfluß der Teilleiterzahl auf die Gesamtkosten bei der deutschen und der französischen Formel etwa gleich groß ist, bei der schwedischen Formel aber höher liegt. Alle Formeln sagen übereinstimmend aus, daß die Errichtungskosten höher sind, wenn man einen bestimmten Gesamtquerschnitt nicht durch ein, sondern durch mehrere Seile herstellt.

Für jede Betriebsspannung und Transportleistung gibt es bekanntlich einen bestimmten wirtschaftlichen Leiterquerschnitt, denn bei Vergrößerung des Querschnittes steigen einerseits die Errichtungskosten und damit die festen Jahreskosten und sinken andererseits die Stromwärmeverluste. Das Optimum wird erreicht, wenn die Änderung dieser beiden Größen abhängig vom Querschnitt gleich geworden ist; es läßt sich in bekannter Weise durch Differenzierung des Ausdruckes

$$K_J = K_L \cdot k_j + V \cdot k_v \quad (5)$$

nach dem Querschnitt bestimmen, wobei

K_J = jährliche Betriebskosten der Leitung [DM/km],

K_L = Errichtungskosten der Leitung [DM/km],

k_j = Jahreskostenfaktor,

V = Verluste bei Höchstlast [kW/km],

k_v = Verlustfaktor $\left[\frac{\text{DM}}{\text{kW}} + \frac{\text{DM}}{\text{kWh}} \cdot h \right]$

Der Faktor k_v ist vom Leistungs- und Arbeitspreis der Verluste sowie von der Benutzungsdauer der Höchstlast abhängig. Wenn in der Formel der Errichtungskosten die Spannung U nicht in einem Glied mit q zusammen auftritt, kann man eine optimale Stromdichte i_0 bestimmen, die für alle Spannungen und Transportaufgaben gleichzeitig gilt. Sie ergibt sich z. B. für die deutsche Formel bei einer Benutzungsdauer von 5 000 Stunden und mit den Werten

$$k_j = 0,12,$$

$$k = 35 \frac{1}{\Omega} \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}$$

$$k_v = (85 + 0,03 \cdot 4\,130) = 210 \text{ DM/kW}$$

zu:

$$i_0^2 = \frac{97 k_j \cdot k}{6 \cdot k_v} \sqrt[n]{} \quad (6)$$

und zu den Werten, die in Tabelle 1 angeführt werden.

Tabelle 1. Wirtschaftliche Stromdichte bezogen auf den Aluminium-Querschnitt

Zahl der Teilleiter	Doppelleitung A/mm ²	Einfachleitung A/mm ²
1	0,57	0,66
2	0,62	0,72
3	0,65	0,75
4	0,68	0,79

Diese optimale Stromdichte i_0 steigt mit der $\sqrt[n]{}$ aus der Zahl der Teilleiter. Für einen bestimmten Übertragungsstrom wird also der Gesamtquerschnitt kleiner zu wählen sein, wenn man mehr Teilleiter anwendet. Daher steigen bei optimaler Auslegung die Verluste mit der Zahl der Teilleiter; auch die Errichtungs- bzw. die festen Jahreskosten steigen, da die Mehrkosten für die Vermehrung der Teilleiterzahl größer sind als die Minderkosten für den etwa verringerten Querschnitt. Für die Kostenformeln, die in anderen Ländern gelten, lassen sich ähnliche Überlegungen anstellen.

Die Transportkosten liegen also bei Anwendung von Bündelleitern höher als bei einer Einseilleitung, wenn man von einer unveränderlichen Betriebsspannung ausgeht [22]. Diese Erkenntnis war es hauptsächlich, die dazu führte, daß man von der Verwendung von Bündelleitern Abstand nahm, solange man die Transportaufgaben mit einer Einseilleitung bewältigen konnte. Von einer gewissen Höhe der Transportleistung an war das aber nicht mehr möglich.

Wenn man z. B. auf einer 220-kV-Doppelleitung 500 MW mit 5 000 Benutzungsstunden zu übertragen hat, so kommt man auf einen Strom von etwa 660 A

Tabelle 2. Querschnitt und maximaler Dauerstrom einiger Stahl-Aluminium-Seile [10]

Seiltype	Querschnitt		Durchmesser	Maximaler Dauerstrom bei +40°C Über-temperatur	Stromdichte bei maximalem Dauerstrom
	Alu	Stahl			
Alu/St	mm ²	mm ²	mm	A	A/mm ² Alu
70/12	66,2	11,6	11,6	235	3,55
95/15	90,0	15,0	13,4	290	3,22
150/25	148,9	25,4	17,3	400	2,68
185/32	183,8	31,7	19,1	455	2,48
240/40	236,0	40,1	21,7	530	2,24
300/50	294,9	49,5	24,2	615	2,08
Condor	402,8	52,2	27,7	760	1,89
Crane	443,1	57,4	29,1	800	1,81
Canary	456,0	59,1	29,5	820	1,80
Cardinal	483,4	62,8	30,4	840	1,74
Curlew	523,7	68,1	31,7	905	1,72
Grackle	604,2	76,8	34,0	980	1,62
Martin	684,8	86,7	36,2	1 050	1,53
Falcon	805,7	102,4	39,3	1 180	1,47

und bei einer Einseilleitung auf einen wirtschaftlichen Querschnitt von $660/0,57 = 1\,150 \text{ mm}^2$. Dieser Querschnitt ist mit einem Seil allein nicht mehr zu erreichen. Das stärkste genormte Seil „Falcon“ mit 39,26 mm Durchmesser hat einen Aluminium-Querschnitt von 806 mm^2 (Tabelle 2). Mit Rücksicht auf die Transport- und Verarbeitungsschwierigkeiten dürfte es nicht möglich sein, den Seilquerschnitt noch wesentlich zu steigern¹⁾. Es wäre also nicht möglich, diese Transportaufgabe mit einer Einseilleitung bei wirtschaftlicher Stromdichte zu bewältigen. Mehrere Einseilleitungen parallel zu errichten, wäre völlig unwirtschaftlich. Hier steht man vor der Wahl, entweder ein Seil mit sehr großem Durchmesser zu verwenden und dieses mit weit mehr als der wirtschaftlichen Stromdichte zu belasten, oder aber einen Bündelleiter mit wirtschaftlicher Stromdichte (Tabelle 2), was in obigem Beispiel etwa zu $2 \times 524 \text{ mm}^2$ Aluquerschnitt führt. Der Unterschied der gesamten Jahreskosten wird u. U. nicht einmal sehr groß sein; mit Rücksicht auf Transport, Montage und Armaturen wird man aber nach Möglichkeit von der Verwendung so starker Seile absehen und zu einem Bündelleiter greifen, dessen Teilleiter mit handlichen Werkzeugen und Armaturen und in großen Fabrikationslängen aufgebracht werden kann [4].

Der Bündelleiter gestattet auch, die gleiche Teilltype bei verschiedener Spannung und Stromstärke zu verwenden und vereinfacht damit die Lagerhaltung.

Wenn man von der Forderung nach wirtschaftlicher Stromdichte absieht und sich z. B. bei sehr kurzer Benutzungsdauer oder Übertragungslänge nur fragt, welchen Strom man höchstensfalls über eine Freileitung mit Einfachseil übertragen kann, so kommt man bei 1180 A an die Grenze (Tabelle 2). Der Bündelleiter erweitert nicht nur diese Grenze auf ein Vielfaches, er ermöglicht es auch, einen bestimmten Strom mit einem geringeren Gesamtquerschnitt fortzuleiten, denn die höchstzulässige Stromdichte liegt bei den schwächeren Teilleitern wegen der besseren Abkühlung höher als bei dem starken Einzeil. Tabelle 3 gibt hierfür ein Beispiel.

Tabelle 3. Erhöhung der Grenzstromdichte durch Unterteilung des Seilquerschnittes

Thermischer Grenzstrom A	Teilleiterzahl	Seilquerschnitt Alu/Stahl mm ²	Gesamtquerschnitt Alu mm ²	Grenzstromdichte A/mm ² Alu
1 180	1	806/102	806	1,47
1 230	2	295/50	590	2,08
1 200	3	149/25	447	2,68
1 160	4	90/15	360	3,22

Diese Möglichkeit, hohe Ströme mit begrenztem Querschnitt fortzuleiten, kann vor allem in Stationen interessant sein, zumal bei Anwendung des Bündelleiters auch die Randfeldstärke geringer wird.

II. Randfeldstärke und Betriebsspannung

Die Größe der Randfeldstärke hat für die Konstruktion von Höchstspannungsleitungen die gleiche fundamentale Bedeutung gewonnen, wie etwa die wirtschaftliche Stromdichte und der Isolationspegel, da die Messungen in der 400-kV-Forschungsanlage Rheinau klar-

¹⁾ In USA wird ein Seil „Chuker“ mit 908 mm^2 Alu ($40,6 \text{ mm}$ Durchmesser) angeboten.

stellten, daß sie tatsächlich die maßgebende Größe für die Koronaverluste und die Hochfrequenz-Störfeldstärke der Leitung ist [13, 15, 16, 17].

Daß der Bündelleiter es ermöglicht, ohne wesentliche Änderung des Mastbildes und des Gesamtquerschnittes eine kleinere Randfeldstärke zu erreichen als bei dem Einzelseil, ist seit den grundlegenden Veröffentlichungen von Markt und Mengele [1, 2, 3] so bekannt, daß es sich erübrigt, hier eine ausführliche Darstellung dieses Zusammenhanges zu wiederholen. Die maximale Randfeldstärke, die am Umfang eines Bündelleiters auftritt, läßt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$E_{\max} = 18 \cdot 10^6 U_{ph} \cdot C_b \left[1 + 2 \frac{n-1}{s'} \sin \frac{\pi}{n} \right] (r_T \cdot n)^{-1} \quad [\text{kV}_{\text{eff}}/\text{cm}] \quad (7)$$

mit

U_{ph} = Spannung Leiter – Erde $[\text{kV}_{\text{eff}}]$

C_b = Betriebskapazität $[\text{F}/\text{km}]$

n = Zahl der Teilleiter in Bündel

r_T = Teilleiterradius $[\text{cm}]$

$$s' = \frac{s}{r_T}$$

s = Teilleiterabstand $[\text{cm}]$

Die größte Randfeldstärke entsteht an den Phasen mit der höchsten Betriebskapazität. Bei Berechnung der Betriebskapazität C_b nach den bekannten Verfahren ist für Bündelleiter an Stelle des Seilradius ein Ersatzradius einzusetzen, der je nach Zahl, Abstand und Anordnung der Teilleiter etwa 5- bis 20fach größer ist als der des Teilleiters. Die Randfeldstärke, die einer logarithmischen Funktion des Verhältnisses von Seil-

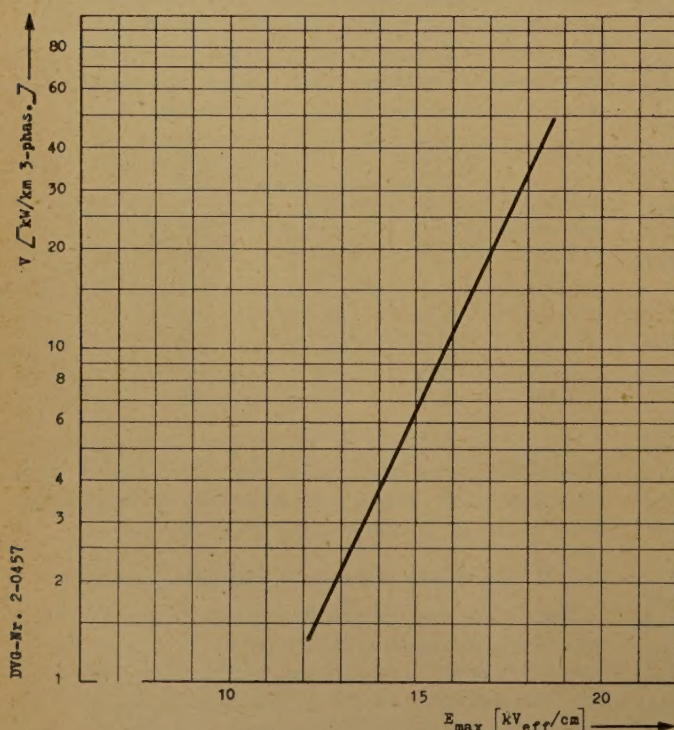


Abb. 1. Koronaverluste in Abhängigkeit von der Randfeldstärke bei Regen [14]

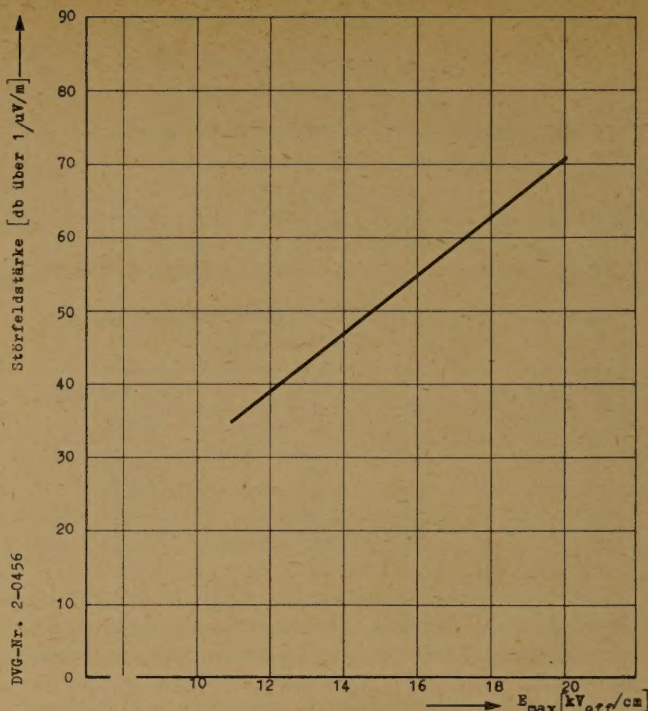


Abb. 2. Störfeldstärke einer Leitung mit Bündelleitern bei 500 kHz in Abhängigkeit von der maximalen Randfeldstärke an der der Antenne zunächst liegenden Phase (Abstand 10 m) [15]

radius bzw. Ersatzradius und Leiterabstand folgt, kann also durch eine zweckmäßige Anordnung und Bemessung der Teilleiter im Bündel gesteuert werden.

Die Messungen der 400-kV-Forschungsanlage Rheinau ermöglichen es, die Abhängigkeit der Koronaverluste und des Störpegels von der Randfeldstärke zahlenmäßig anzugeben (Abb. 1 und 2).

Die aus diesen Abbildungen zu entnehmenden Meßwerte gelten unter der Voraussetzung, daß die Seile bei der Fertigung entfettet und bei der Auslegung schleiffrei ausgezogen worden sind, d. h. eine einwandfreie Oberfläche haben, berücksichtigen aber den Unterschied zwischen einer aus Einzeldrähten bestehenden Seiloberfläche und einem glatten Zylinder, wie er der Berechnung der Randfeldstärke zugrunde gelegt wird. Sie gelten für Bündelleiter. Bei Einzelleitern gelten die in Abb. 2 angegebenen Störpegelwerte jeweils für eine um 2 bis 3 kV/cm kleinere Randfeldstärke, da hier im Gegensatz zum Bündelleiter am ganzen Leiterumfang der volle Wert der Randfeldstärke herrscht.

Wie hoch die Randfeldstärke beim Entwurf einer Leitung angesetzt werden soll, hängt in erster Linie davon ab, welchen Störpegel man zuläßt; denn die Koronaverluste sind immer klein gegenüber den Stromwärmeverlusten und fallen wirtschaftlich wenig ins Gewicht. Für die Festlegung des Störpegels wird meist entscheidend sein, daß öffentliche Interessen, wie der Empfang von Rundfunksendungen, nicht wesentlich gestört werden dürfen. Die deutschen 380-kV-Leitungen, die mit Viererbündeln ausgerüstet sind [4], [5] und

[6], haben eine Randfeldstärke von nur 17,4 kV/cm, auf die maximal zulässige Betriebsspannung bezogen. Nach sonstigen Erfahrungen im europäischen Bereich dürfte aber auch eine höhere Randfeldstärke zulässig sein. Wenn man vorsichtshalber von 17,4 kV/cm aus-

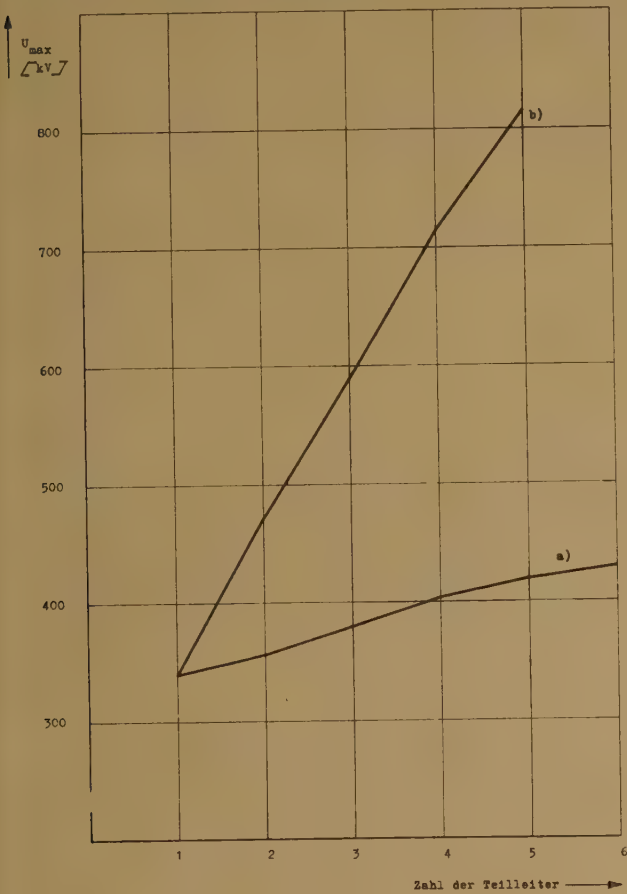


Abb. 3. Maximal zulässige Betriebsspannung bei 17,4 kV/cm Randfeldstärke und Donaumastbild in Abhängigkeit von der Teilleiterzahl

- a) Gesamtquerschnitt konstant = 806/102 mm²
- b) Teilleiterquerschnitt konstant = 806/102 mm²

geht und daraus errechnet, welche Betriebsspannung sich für ein bestimmtes Mastbild abhängig von der Beiseilung ergibt, so erhält man die in Tabelle 4 bzw. Abb. 3 als U_{max} angegebenen Werte.

Hierbei ist wiederum die deutsche Doppelleitung mit Donau-Mastbild zugrunde gelegt. Bei anderen Mastbildern und anderen Randfeldstärken würde sich diese Grenze natürlich verschieben.

Wenn man diese Randfeldstärke voraussetzt, ist mit einem Vollseil des größten heute genormten Querschnitts Al/St 806/102 eine höchste Betriebsspannung von etwa 340 kV erreichbar.

Man hat versucht, für höhere Spannungen Hohlseile und gefüllte Seile anzuwenden, die bei gleichem Leiterquerschnitt einen erhöhten Außendurchmesser aufweisen. Es ist aber bekannt, daß Hohlseile auf die Dauer anfällig gegen Schwingungsbrüche waren und daß gefüllte Seile gelegentlich zu anderen Schwierigkeiten Anlaß gaben. Man darf also sagen, daß Betriebsspannungen oberhalb von 340 kV erst durch die Anwendung von Bündelleitern zugänglich gemacht worden sind.

Tabelle 4. Höchste Betriebsspannung und wirtschaftliche Übertragungsleistung von Doppelleitungen mit Donaumasten in Abhängigkeit von der Teilleiterzahl bei einer maximalen Randfeldstärke von 17,4 kV/cm

a) bei Unterteilung eines festgelegten Gesamtquerschnittes (806/102 mm² Al/St)

Beiseilung	Durchmesser	Teil-leiter-zahl	U_{max}	Transportkosten	Transportkosten bei 5000 Benutzungsstunden
mm² Al/St	mm		kV	MW	Pf/kWh 100 km
1 × 806/102	39,2	1	340	2 × 243	0,137
2 × 403/51	27,7	2	357	2 × 277	0,134
3 × 269/34	22,8	3	381	2 × 310	0,131
4 × 202/25	19,9	4	404	2 × 347	0,125
5 × 161/20	17,8	5	419	2 × 369	0,123
6 × 134/17	16,1	6	428	2 × 384	0,122

b) bei Bündelung des stärksten genormten Seiles (806/102 mm² Al/St)

1 × 806/102	39,2	1	340	2 × 243	0,137
2 × 806/102	39,2	2	470	2 × 736	0,0868
3 × 806/102	39,2	3	588	2 × 1440	0,0674
4 × 806/102	39,2	4	715	2 × 2425	0,0555
5 × 806/102	39,2	5	815	2 × 3540	0,0488

*) Bei einer um 10 % unter dem höchstzulässigen Wert liegenden Betriebsspannung und einer wirtschaftlichen Stromdichte nach Tabelle 1.

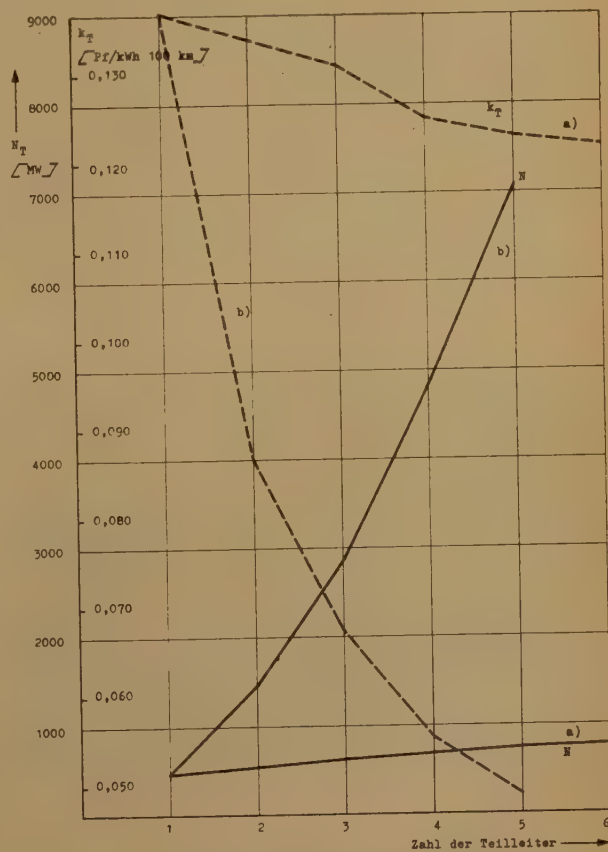


Abb. 4. Wirtschaftliche Übertragungsleistung N und zugehörige Transportkosten k_T in Abhängigkeit von Teilleiterzahl bei 90 % der aus Abb. 3 ersichtlichen maximalen Betriebsspannung

- a) Gesamtquerschnitt konstant = 806/102 mm²
- b) Teilleiterquerschnitt konstant = 806/102 mm²

Tabelle 4 läßt ferner erkennen, wie weit ein Bündel aus den stärksten Seilen in dieser Beziehung führt. Es ist ersichtlich, daß die heute diskutierte höchste Spannung von über 700 kV auch bei einer begrenzten Randfeldstärke noch angewendet werden kann (Abb. 3). Schließlich geht aus Tabelle 4 hervor, daß bei Ausnützung der durch die Erhöhung der Teilleiterzahl ermöglichten Erhöhung der Betriebsspannung die Transportkosten trotz der Unterteilung des Gesamtquerschnittes nicht steigen (Tabelle 4a). Bei einem entsprechend der Teilleiterzahl steigenden Querschnitt und voller Ausnützung der Spannung und der Transportfähigkeit sinken die Transportkosten ganz erheblich (Tabelle 4b und Abb. 4).

III. Natürliche Leistung

Eine dritte Größe, die für eine Leitung kennzeichnend ist, ist jene Übertragungsleistung (Wirkleistung), bei der die Leitung den Blindleistungsbedarf ihrer

von dem Quadrat der Betriebsspannung U abhängig und von dem Wellenwiderstand $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ der Leitung.

Über die praktische Bedeutung dieser „natürlichen Leistung“ gibt es verschiedene Auffassungen. Sicherlich wäre es falsch, darin eine Grenzleistung zu sehen, die nicht überschritten werden soll. Es ist im Gegenteil durchaus gebräuchlich, Leitungen mit mehr als der natürlichen Leistung zu belasten und den Spannungsabfall u. U. durch Blindstromzufuhr auszugleichen. Die Aufwendungen hierfür sind bei einer bestimmten Übertragungsleistung um so größer, je kleiner die natürliche Leistung der Leitung selbst ist.

Die natürliche Leistung hat für die Übertragungsfähigkeit einer Leitung noch eine andere Bedeutung. Der Winkel zwischen den Spannungen am Anfang und am Ende der Leitung ist bei einer bestimmten Leitungslänge durch das Verhältnis der Übertragungsleistung zur natürlichen Leistung gegeben. Dieser Winkel begrenzt im gewissen Maß die Leistung, die im stationären Zustand und bei durch Kurzunterbrechung begrenzten Störungen stabil übertragen werden kann. Die natürliche Leistung ist also bei langen wie bei kurzen Leitungen ein Maßstab für die Übertragungsfähigkeit. Da bei steigender Teilleiterzahl die Kapazität steigt und die Induktivität sinkt, ist eine Vermehrung der Teilleiterzahl ein sehr geeignetes Mittel, um die natürliche Leistung zu erhöhen.

Die gleiche Wirkung auf die Eigenschaften einer Übertragungsleitung kann auch dadurch erzielt werden, daß die Leitungskapazität und die Reaktanz durch quer und längs zu den Phasen eingeschaltete Kondensatoren verändert werden. Die Aufwendungen für diese Parallel- und Reihenkondensatoren sind kleiner als die Kosten für eine höhere Zahl von Teilleitern bei unverändertem Gesamtquerschnitt [22]. Die am Reihenkondensator auftretende Spannung ist durch seinen kapazitiven Widerstand und den Belastungsstrom gegeben. Der Belastungsstrom darf daher eine bestimmte, durch die Auslegung des Kondensators gegebene Grenze nicht überschreiten. Die Bündelleitung ist hiergegen unempfindlich.

Bei langen Leitungen zieht man im allgemeinen diese Kondensatoren vor. Bei der Bemessung der Reihenkondensatoren ist jedoch darauf zu achten, daß eine Verstärkung notwendig ist, wenn die Übertragungsleistung über das vorgesehene Maß hinaus vergrößert werden soll, oder wenn mit vorübergehenden Überlastungen zu rechnen ist. Bei kurzen Leitungen in dichtvermaschten Verbundnetzen, in denen die Kurzschlußströme relativ groß sind, die Übertragungsleistung ständig wächst und größere Überlastungen auftreten, wird man daher nicht selten den Bündelleiter vorziehen, bzw. eine größere Zahl von Teilleitern anwenden, um die gewünschte Größe der natürlichen Leistung zu erreichen.

IV. Mechanische Probleme des Bündelleiters

Zu den Befürchtungen, daß die Anwendung von Bündelleitern mechanische Schwierigkeiten begegnen würden, kann heute auf Grund jahrelanger Erfahrungen im praktischen Betrieb und eingehenden Beobachtungen in Versuchsanlagen Stellung genommen werden.



Abb. 5

Reaktanz aus ihrer Kapazität selbst deckt und bei der die Spannungen am Anfang und am Ende der Leitung sich nur durch den ohmschen Spannungsabfall unterscheiden. Sie ist durch den Ausdruck $\frac{U^2}{Z}$ gegeben, also

Für die Trag- und Abspannarmaturen von Bündelleitern haben sich ohne größere Schwierigkeiten befriedigende Konstruktionen finden lassen. Noch nicht einwandfrei gelöst scheint die Konstruktion der Abstandhalter zu sein. Starre und fest auf die Seile aufgeklemmte Abstandhalter wurden in den Versuchsanlagen bei starker Eislast beschädigt und beschädigten die Seile [14]. Abstandhalter mit Gelenken schlugen unter Wirkung der Windschwingungen aus, wenn nicht jeder Totgang ausgeschlossen war; biegsame Abstandhalter befriedigten bei starkem Winddruck nicht [11]. Trotzdem haben sich unter einigermaßen normalen Bedingungen verschiedene Konstruktionen von Abstandhaltern jahrelang bewährt, die eine gewisse Horizontalverschiebung und Verdrehung der Seile erlauben.

Das Umschlagen von Bündelleitern bis zur Berührung der Teilleiter trat nur durch Zusammenwirken von Eislast und Wind auf. In den meisten Fällen ging das Bündel nachträglich von selbst in die Normallage



Abb. 6

zurück. Es wird empfohlen, die Abstandhalter in der Nähe der Maste in kleineren Abständen aufzubringen als in Feldmitte und auch da einen Abstand von 60 bis 70 m nicht zu überschreiten.

Nach den deutschen Vorschriften ist bei einem horizontalen Zweierbündel gegenüber einem quer-

schnittsgleichen Einzelseil mit einer etwa 70% größeren Eislast und einer 30—40% größeren Windlast zu rechnen. Trotzdem war nach den Beobachtungen in einer Versuchsanlage der Ausschwingwinkel eines horizontalen Zweierbündels immer kleiner als der eines am gleichen Mast aufgehängten Einzelseils [11].

Durch eingehende Messungen konnte festgestellt werden, daß die Zusatzbeanspruchung der Seile durch schnelle Windschwingungen (Vibrationen) im Bündel nur 40% der Beanspruchung beim Einzelseil betragen, so daß man bei gleicher Schwingungsbeanspruchung die Seile im Bündel stärker spannen kann. Die hohe Sicherheit gegen Seilschwingungen ist ein weiterer Vorteil des Bündelleiters [10, 11, 12].

V. Zusammenfassung

Der Bündelleiter hat die Möglichkeit gebracht, die durch die Einseil-Leitung gegebenen Grenzen zu überschreiten, und zwar sowohl hinsichtlich der auf einer Leitung übertragbaren Stromstärke als auch hinsichtlich der anwendbaren Betriebsspannung und der Übertragungsleistung. Die mechanischen Probleme des Bündelleiters sind mit geringer Einschränkung als praktisch gelöst anzusehen.

Bei festgelegter Spannung ist es wirtschaftlich, eine bestimmte Leistung mit einer möglichst geringen Zahl von Teilleitern zu übertragen. Wenn aber die durch den Bündelleiter eröffnete Möglichkeit, die Betriebsspannung bei begrenzter Randfeldstärke und damit die Übertragungsleistung zu steigern, ausgenutzt werden kann, können mit wachsender Teilleiterzahl sinkende Transportkosten erzielt werden.

Für die Übertragung höchster Leistungen bei entsprechend hoher Spannung ist der Bündelleiter in der Höchstspannungstechnik heute ein unentbehrliches Bauelement geworden.

Literaturverzeichnis

- [1] G. MARKT und B. MENGELE: Drehstromfernübertragung mit Bündelleitern, E und M 50 (1932), S. 885.
- [2] G. MARKT und B. MENGELE: Die wirtschaftliche Bemessung von Bündelleiter-Leitungen, E und M 53 (1935), S. 410—412.
- [3] M. v. MANGOLDT, F. BÜSEMAN, A. BÜRKLIN, G. MARKT und F. J. KROMER: Bündelleitungen. SSW-Sonderbroschüre, Berlin 1942.
- [4] Deutsche Verbundgesellschaft: Die Planung des 380-kV-Netzes in der Deutschen Verbundgesellschaft, Heidelberg 1957.
- [5] H. ROSER: Die 380 kV-Übertragung Rommerskirchen—Hoheneck, ETZ-A Bd. 79 (1958), S. 1—9.
- [6] H. GLÖYER und TH. VOGELSANG: Die 380 kV-Leitung Rommerskirchen—Hoheneck, ETZ-A Bd. 79 (1958), S. 202 bis 206.
- [7] S. HAMMEL und H. MORS: Bündelleitungen. Bull. SEV 1956, Heft 16, S. 617.
- [8] H. GLASSER und W. RIER: Freileitungen. AEG-Mitteilungen 48 (1958), H. 8/9, S. 419.
- [9] B. BEHRENS, H. MEYER und J. NEFZGER: Aluminium-Freileitungen. Aluminium-Verlags-Ges. m. b. H. Düsseldorf 1954.
- [10] H. MORS, K. W. BAER und M. ERICH: Research on the oscillation and vibration of bundled conductor in a

long-span transmission line system. CIGRE-Bericht Nr. 209/1954.

[11] W. LEIBFRIED und H. MORS: Das mechanische Verhalten von Bündel- und Einzelleitern. Neuere Meßergebnisse der Prüfanlage Hornsgründe. CIGRE-Bericht Nr. 209/1960.

[12] K. W. BAER und H. MORS: Mechanische Untersuchungen an Bündelleitern für Hochspannungsfreileitungen. ETZ-A 1955, H. 10, S. 348.

[13] R. BARTENSTEIN und G. LESCH: Koronaverlust- und Störpegelmessungen der 400 kV-Forschungsanlage Mannheim-Rheinau. CIGRE-Bericht Nr. 402/1956.

[14] R. POYART: Recherches expérimentales relatives au givrage et à la poussée du vent sur les conducteurs simples et en faisceaux. CIGRE-Bericht Nr. 234/1952.

[15] R. BARTENSTEIN: Neue Störpegeluntersuchungen der 400 kV-Forschungsanlage Mannheim-Rheinau. CIGRE-Bericht Nr. 409/1958.

[16] 400-kV-Forschungsgemeinschaft: Die 400-kV-For-

schungsanlage Rheinau, Teil II Koronamessung. Heidelberg 1958.

[17] 400-kV-Forschungsgemeinschaft: Die 400-kV-Forschungsanlage Rheinau, Teil III Störpegelmessung und anderes. Heidelberg 1960.

[18] W. RUDOLPH: Gesetze und Grenzen für die elektrische Bemessung von Höchstspannungsleitungen. ÖZE 9. Jg. (1956), H. 10, S. 496, und H. 11, S. 520.

[19] P. A. ABETTI, C. B. LINDH und H. O. SIMMONS: Economics of Single and Bundle Conductors for Extra-High-Voltage Transmission. AIEE, Juni 1960.

[20] S. LALANDER: The economy of high transmission voltages. Aus: The Swedish 380 kV System. Stockholm 1960.

[21] F. CAHEN und P. GAUSSENS: Comparaison économique des transport d'énergie à 225 et à 380 kV. UNIPED-Bericht Nr. IV. 2/1960.

[22] H. ENGELHARDT: Einfluß der Beseilung auf die Höchstspannungsübertragung mit Freileitungen. Elektrizitätswirtschaft, H. 24/1961.

L'Impiego dei conduttori multipli in Italia

Die Anwendung der Bündelleiter in Italien

dott. ing. LEONARDO MAGGI, Milano

Con 7 Figure / Mit 7 Textabbildungen

DK 621.315.145 (45)

Premessa

I conduttori a fascio sono stati adottati in Italia a tutt'oggi per le varie linee indicate in fig. 1 con scopi e con tecniche diversi da caso a caso così che può convenire di illustrare brevemente le varie situazioni.

Realizzazioni

Linea a 220 kV Villavalle—Cornigliano (Genova) della Terni S. p. A. (423 km) — Di questa linea ha dato ampie notizie il prof. ARNALDO MARIA ANGELINI alla Sessione della CIGRE del 1954 col suo rapporto n. 224 dal titolo „Quelques considérations sur les caractéristiques et la construction de la première ligne d'interconnexion bifilaire en Italie“.

Lo scopo originario di questa linea era quello di alimentare con gli impianti idroelettrici nell'Italia Centrale della Terni, Società controllata dallo Stato, un grande stabilimento siderurgico presso Genova, pure controllato dallo Stato, il quale assorbe rilevanti potenze.

Il problema era dominato oltre che dall'entità di queste potenze, dalla caratteristica del carico influenzato dal funzionamento di laminatoi continui a caldo che richiedono istantanee e frequenti punte di potenza dell'ordine di 40 MW e 30 MVar.

Con queste necessità non si poteva trascurare il vantaggio della minore reattanza del circuito alimentatore derivante dall'impiego dei conduttori a fascio.

D'altra parte questa stessa linea, in serie con quella di cui si dirà in appresso, interconnette la rete della Terni con quella della Società Idroelettrica Piemonte (SIP) convergente su Torino, permettendo così la migliore utilizzazione dell'energia prodotta dalle due Società. Si realizza così un trasporto su 550 km per il quale il bifilare è indicato in modo particolare.

Einleitung

Bündelleiter wurden in Italien bisher an den aus der Abbildung 1 ersichtlichen Leitungen für verschiedene Zwecke und in verschiedener Ausführung verlegt, so daß es sich lohnt, kurz die Gegebenheiten zu schildern.

Ausführungen

220-kV-Leitung Villavalle—Cornigliano (Genova) der Terni S. p. A. (423 km). Über diese Leitung hat Prof. M. ANGELINI der CIGRE-Tagung 1954 seinen eingehenden Bericht Nr. 224 „Quelques considérations sur les caractéristiques et la construction de la première ligne d'interconnexion bifilaire en Italie“ vorgelegt.

Der ursprüngliche Zweck dieser Leitung war, ein großes Eisenwerk bei Genua, das vom Staate kontrolliert wird, und das erhebliche Leistung beansprucht, durch die Wasserkraftwerke der Terni in Mittelitalien, eine ebenfalls vom Staat kontrollierte Gesellschaft, zu beliefern.

Das Problem wurde außer durch die Bedeutung dieser Leistungen auch vom Ablauf der Belastungslinie des Wärmewalzwerkes, das plötzlich und häufig Leistungswerte von 40 MW und 30 MVar verlangt, beherrscht.

Bei dieser Forderung durfte der Vorteil der geringeren Reaktanz des aus Bündelleitungen gebildeten Stromkreises nicht vernachlässigt werden.

Andererseits verbindet diese Leitung und die sie fortsetzende, über die anschließend berichtet wird, bei Turin das Netz der Terni mit dem der Società Idroelettrica Piemonte (SIP) und gestattet die beste Ausnutzung der von den beiden Gesellschaften erzeugten Energien. Damit erfolgt die Energieübertragung über 550 km, für die das Zweierbündel besondere Vorteile bietet.

La soluzione così adottata è però da considerarsi ardua, specie se si ricorda che a quei tempi la tecnica dei conduttori a fascio era ai suoi primi passi, perchè nel tronco da Apuania a Genova, per un percorso di circa 100 km, la linea si svolge sull'arco dell'Appennino ligure che da tutti gli esperti è considerato una delle

Diese Lösung ist jedoch als kühn zu bezeichnen, insbesondere weil zur Zeit der Errichtung die Technik des Bündelleiterbaues in ihren Anfängen war und weil auf der etwa 100 km langen Strecke Apuania—Genua die Leitung über den Bogen des ligurischen Apennin führt, der von allen Fachleuten als eines der schwierig-



Fig. 1. Linee elettriche equipaggiate con conduttori multipli esistenti in Italia nel 1961

zone più difficili per la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche.

Le difficoltà costruttive derivano dall'esistenza di estesissime zone argillose in continuo movimento, in dipendenza delle quali lo studio del tracciato della linea vuol dire la ricerca di posizioni dove sia esclusa, o ridotta, la probabilità che i pali siano soggetti a spostamenti per frane.

Il tracciato risulta perciò molto tormentato ed il concetto di campata media non ha più alcun significato perchè è un continuo succedersi di campate brevi e di campate lunghe, il tutto complicato da notevoli dislivelli.

Queste difficoltà sono però di secondaria importanza rispetto a quelle derivanti dalle caratteristiche meteorolo-

sten Gebiete für den Bau und den Betrieb elektrischer Leitungen beurteilt wird.

Die baulichen Schwierigkeiten ergaben sich aus dem Vorhandensein ausgedehnter, in ständiger Bewegung befindlicher tonhaltiger Zonen. Es mußten vor der Trassenwahl, somit bei der Festlegung der Maststandorte, jene Stellen festgestellt werden, an welchen die Gefahr ihrer Verschiebung durch Erdrutsch ausgeschaltet war oder nur vermindert bestand.

Die Trassierung war daher sehr mühsam und der Begriff einer mittleren Spannweite verlor seinen Inhalt, denn es ergab sich eine Folge von kurzen und weiten Spannungsfeldern, wobei die Trassierung auch durch die beträchtlichen Höhenunterschiede erschwert wurde.

Diese Schwierigkeiten sind jedoch von sekundärer Bedeutung im Vergleich zu jenen, die auf die meteorolo-

logiche della stessa regione, continuamente battuta dal vento, dove si verificano annualmente eccezionali nevicate con neve umida ad elevato peso specifico ed imponenti fenomeni di galaverna.

Abbiamo desiderato diffonderci in questi dettagli perchè essi mettono in luce come questa linea si presterà in modo particolare nel tempo per trarre conclusioni sperimentali sul comportamento meccanico dei conduttori a fascio in zone particolarmente difficili dal punto di vista meteorologico.

Le caratteristiche fondamentali di questa linea, relativamente all'impiego dei conduttori a fascio, sono indicate nella Tabella 1.

La linea in parola è stata ultimata nel marzo del 1953. E' assurdo pensare che da quell'epoca non si siano verificati incidenti di sorta; questi sono stati però di entità molto modesta come lo dimostra il fatto che la Terni ha costruito successivamente, con conduttori binati e con tecniche del tutto analoghe a quelle segnalate, le altre sue due linee Villavalle—Civitavecchia (91,3 km) e Villavalle—Cappannelle (60,4 km).

Riteniamo interessante segnalare che nei 7 anni di esercizio della Villavalle—Cornigliano non si sono riscontrate formazioni di manicotti di ghiaccio e neve in misura tale da avvolgere insieme i due conduttori. Per contro si è constatato che il brusco distacco del manicotto di ghiaccio di un solo conduttore può dar luogo ad oscillazioni tali da provocare l'accavallamento dei due conduttori. Il loro ritorno alla posizione normale in alcuni casi è avvenuto spontaneamente e ciò più frequentemente coi distanziatori di tipo svedese.

Lo stesso accavallamento, con le stesse conseguenze, si è verificato in zone esposte a venti di carattere turbolento. Inoltre in queste zone, a causa di vibrazioni non sincrone dei due conduttori, si sono riscontrati dei battimenti fra gli stessi però senza alcun danno meccanico.

Per ovviare a questi fenomeni di ribaltamento e di battimenti è stato aumentato il numero dei distanziatori con risultati positivi.

Linea a 220 kV Torino—Cornigliano (Genova) della SIP (125 km) — Questa linea costruita dalla SIP, altra azienda elettrica controllata dallo Stato, si congiunge a Cornigliano con la linea Villavalle—Cornigliano di cui si è detto in precedenza per permettere gli scambi già menzionati di energia fra la SIP e la Terni.

Le caratteristiche fondamentali sono indicate nella Tabella 1, dalla quale si rileva fra l'altro l'impiego del conduttore aldreya-acciaio in corrispondenza del valico degli Appennini. Si nota ancora una maggiore densità di distanziatori, come conseguenza dell'esperienza fatta dalla Terni.

La linea, entrata in servizio nel 1956, non ha dato luogo ad inconvenienti di sorta.

Linea a 220 kV Avise—Chatillon della SIP (37 km). Per ragioni di unificazione delle tensioni, la preesistente doppia terna a 130 kV Avise—Chatillon è stata trasformata a semplice terna a 220 kV abbinando a due a due i conduttori da 19,6 mm di diametro delle terne a 130 kV.

gischen Gegebenheiten dieses Gebietes zurückzuführen sind, das stets Windeinwirkungen ausgesetzt ist, wo jährlich außergewöhnlich viel nasser Schnee mit ungewöhnlich hohem spezifischen Gewicht fällt und wo die imposante Erscheinung der Leiteraufladung auftritt.

Wir haben uns in diese Details vertieft, um voraussehen zu können, wie sich diese Leitung im Laufe der Zeit in besonderen Fällen verhalten wird, um experimentelle Ergebnisse über das mechanische Verhalten der Bündelleiter in meteorologisch besonders schwierigen Zonen zu gewinnen.

Die Kenngrößen dieser Leitung, besonders jene, die das Betriebsverhalten der Bündelleiter bestimmen, zeigt Tabelle 1.

Die beschriebene Leitung wurde im März 1953 fertiggestellt. Es wäre verfehlt, zu vermuten, daß sich seither keine Störungen ergeben haben; sie waren jedoch nur geringfügig, wie dies auch die Tatsache beweist, daß die Terni später ihre zwei Leitungen Villavalle—Civitavecchia (91,3 km) und Villavalle—Cappannelle (60,4 km) mit Zweierbündeln in der besprochenen Ausführung gebaut hat.

Es sei ausdrücklich hervorgehoben, daß sich während der sieben Betriebsjahre der Leitung Villavalle—Cornigliano keine beide Teilleiter einschließende Walze aus Eis oder Schnee bildete. Dagegen wurde beobachtet, daß das plötzliche Abfallen der Eishülle eines Teilleiters Schwingungen auslöst, die die Berührung der beiden Leiter verursachen. Das Zurückkehren in die Normallage erfolgte in allen Fällen von selbst und dies besonders beim Einbau von schwedischen Abstandhaltern.

Das Berühren mit allen Folgen ereignete sich in Windzonen. Hier erfolgt wegen des asynchronen Schwingens der beiden Leiter das Zusammenschlagen derselben, jedoch ohne mechanischen Schaden.

Um dem Berühren und Zusammenschlagen vorzubeugen, wurde die Anzahl der Abstandhalter mit Erfolg erhöht.

220-kV-Leitung Turin—Cornigliano (Genua) der SIP (125 km). Diese von der SIP, einer weiteren vom Staat kontrollierten Elektrizitätsgesellschaft, gebaute Leitung vereinigt sich bei Cornigliano mit der beschriebenen Leitung Villavalle—Cornigliano, um den schon geschilderten Energieaustausch zwischen SIP und Terni zu tätigen.

Die Kenngrößen der Leitung zeigt Tabelle 1, die erkennen läßt, daß Stahl-Aldreya-Seile beim Überqueren des Apennins verwendet wurden. Sie zeigt auch, daß Abstandhalter nach den bei Terni gewonnenen Erfahrungen in geringeren Abständen verlegt wurden.

Die 1956 in Betrieb genommene Leitung hat keinerlei Mängel aufgezeigt.

220-kV-Leitung Avise—Chatillon der SIP (37 km). Um zu übereinstimmenden Übertragungsspannungen zu gelangen, wurde die bestehende zweisystemige 130-kV-Leitung von Avise nach Chatillon auf eine einsystemige 220-kV-Leitung umgebaut, indem man die 19,6 mm starken Leiter der 130-kV-Leitung zu Zweierbündeln zusammenschloß.

Tabella 1 (Tabelle 1).

Linea (Leitung)	220 kV Villavalle-Cornigliano			220 kV Torino-Cornigliano			380 kV Passo della Forcola-Mese					380 kV Mese-Bovisio		
Zona (Zone)	Pianura (Ebene)	Montagna (Gebirge)	Montagna eccezionale (Hochgebirge)	Pianura (Ebene)	Collina (Hügel)	Montagna (Gebirge)	Montagna eccezionale (Hochgebirge)	Pianura 300 m (Ebene)	Montagna 600 m (Gebirge)	Montagna 1500 m (Gebirge)	Montagna 2000 m (Gebirge)	Montagna 2360 m (Gebirge)	Pianura (Ebene)	Montagna (Gebirge)
n° per fase (Anzahl pro Phase)	2													
Tipo (Bauart)	Alluminio-acciaio (Stahlaluminium)													
Diametro (Durchmesser) mm	22,5													
Sezione (Querschnitt) mm²	299													
Formazione (Ausführung)	(54 + 7) · 2,5													
Carico rottura (Bruchlast) t	8,34													
Scartamento (Abstand) mm	380													
Campata media (mittlere Spannweite) . m	363													
Campata max (Höchstspannweite) . . . m	883													
Sovracarico max (max. Zusatzlast) kg/m	1,16	4	8	1,36	2,1	3	8	2,5	4	5	7	8	5	9
Tiro max (Maximalzug) t	2,78	4,2	4,2		3,4		7,4	6,2	7,9	8	8,65	7	11,35	(1) 19,35
EDS medio (mittlere Zugspannung) . . %	13,8	11,4	6 ÷ 6,6	15,7	12,5	9,5	6,9	15,3	10,9	10,4	7,8	7	17,5	19
Distanziatori (Abstandhalter)	A e B (A und B)			A			B			B			B	
Tipo (Type)	18			30						23			12,5	
Densità (Dichte) n°/km														
Smorzatori vibrazioni (Schwingungs-dämpfer) Tipo (Type)	no (keine)													
Armour rods	no (keine)													
Pali d'angolo armati in sospensione (Winkelmaste mit Hängeketten)	solo pali di cuspidi (nur Spitzenmaste)													
	si (ja)													
	no (keine)													
	si (ja)													
	fino a 5°													
	fino a 10°													
	fino a 45°													

A — Distanziatori tipo Svedese (Abstandhalter schwedischer Bauart).
 B — Distanziatori tipo ad anello flessibile (Abstandhalter mit flexiblen Ring).
 (1) Dimensionamento al limite di snervamento $\frac{2}{3}$ TR 0,4° (Dimensionierung bis zur Grenze der Bruchfestigkeit).

In questo caso evidentemente l'impiego del bifilare è motivato più da ragioni pratiche che da esigenze tecniche.

Linea a 380 kV Passo della Forcola—Mese della Società Elettrica Ala (SEA) (6 km) — Si tratta del tronco in territorio italiano dell'interconnessione italo-svizzera

Hier wurde offenbar das Zweierbündel aus Zweckmäßigkeitgründen und nicht aus technischer Notwendigkeit angewendet.

380-kV-Leitung Forcola-Paß—Mese der Società Elettrica Ala (SEA) (6 km). Sie ist der italienische Abschnitt der italienisch-schweizerischen Kupplungsleitung



Fig. 2. Profilo della linea 380 kV Passo della Forcola—Mese della S. E. A.

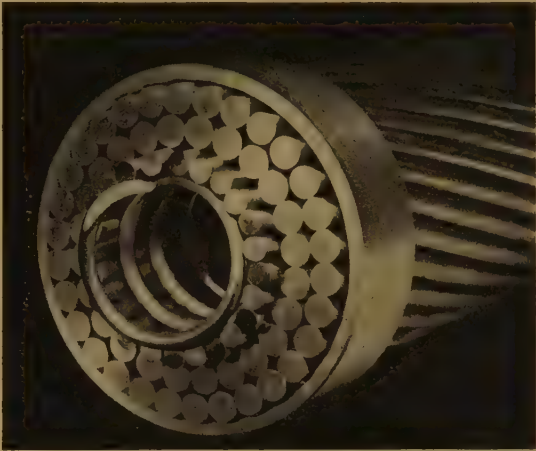


Fig. 3. Connettore espanso breveto Edison-Falk dal diametro di 50 mm e dalla Sezione di 1 000 mm² di alluminio utilizzata per 27 km della 380 kV Mese—Bovisio della Edisonvolta

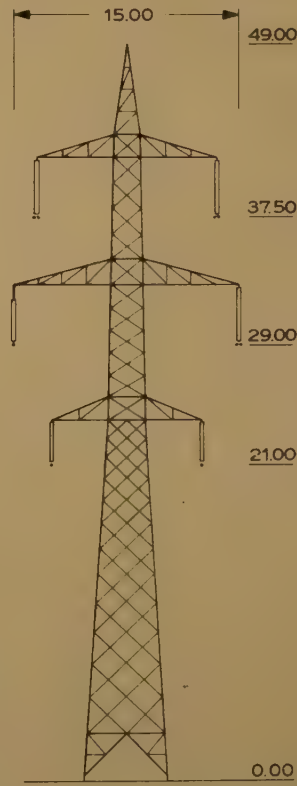


Fig. 4. Palo tipo della 380—220 kV Bovisio—Baggio della Edisonvolta

fra le centrali idroelettriche di Mese (Italia) e Soazza (Svizzera).

La linea è stata progettata e costruita per servizio a 380 kV per l'eventualità che la linea svizzera che da Soazza si dirige verso il nodo di Laufenbourg in un

zwischen den Wasserkraftwerken von Mese (Italien) und Soazza (Schweiz).

Diese Leitung wurde für den Betrieb mit 380 kV ausgelegt, um sie mit dieser Spannung dann zu betreiben, wenn die bestehende Absicht verwirklicht wird,

futuro funzioni a tale tensione e si colleghi con l'analogica rete della Germania occidentale.

L'impiego del bifilare è ovviamente derivato dall'eventuale funzionamento a 380 kV.

Malgrado questo funzionamento non sia imminente, la SEA ha posato subito il secondo conduttore sia per ragioni pratiche sia per ragioni di studio dato che l'esperienza d'esercizio di questa breve linea, entrata in servizio nell'autunno 1960, sarà di particolare interesse per la conoscenza del comportamento dei conduttori binati nelle zone alpine particolarmente fredde e difficili. Il suo profilo, indicato nella fig. 2, basta a dare una idea della sua ardua concezione. Il tracciato e la distribuzione dei pali sono stati imposti dalla necessità di evitare le zone soggette a imponenti valanghe.

Per ragioni di lavoro, facili a comprendersi dall'esame del profilo, non è stato possibile posare simultaneamente i due conduttori di una stessa fase e quindi non è stato possibile assicurare in sede di tesatura l'identico loro assetamento. A questa circostanza si attribuisce una rotazione del fascio dei conduttori verificatasi nel corso dell'ultimo inverno, rotazione che ha raggiunto un massimo a metà campata con angoli superiori a 45° . E' da notare che nel successivo periodo estivo il fascio ha ripreso spontaneamente la posizione normale orizzontale.

Linea a 380 kV Mese—Bovisio della Edisonvolta S.p.A. (92 km) — Questa linea era stata originariamente pensata come una doppia terna a 220 kV, trasformabile in semplice terna a 380 kV. Ci si è poi resi conto che la sua messa fuori servizio per questa trasformazione sarebbe stata estremamente problematica e comunque molto onerosa. Per questo motivo la linea è stata realizzata per funzionare a 380 kV, quantunque il servizio a questa tensione non sia imminente.

L'adozione del bifilare è la logica conseguenza della tensione di 380 kV.

La linea, le cui caratteristiche sono indicate nella Tabella 1, è entrata in servizio a 220 kV da pochi mesi, quindi non si può ancora parlare di risultati di esercizio.

E' necessario aggiungere che per 27 km circa in luogo del bifilare è stato adottato il conduttore espanso cavo illustrato nella fig. 3.

Riteniamo che sia il solo esempio nel mondo di un tronco di linea a 380 kV con conduttore unico di tipo espanso.

I motivi fondamentali che hanno spinto a tentare questa soluzione derivano dalle caratteristiche della zona alpina attraversata che richiede numerose campate di notevole lunghezza in località dove la probabilità di forti sovraccarichi di neve umida è molto elevata.

Questi fattori, unitamente alla notevole difficoltà di procedere in questa zona ad eventuali lavori di riparazione nei periodi invernali, hanno spinto ad adottare un conduttore avente caratteristiche meccaniche molto superiori a quelle possibili coi singoli conduttori della soluzione a fascio.

Come si è detto la linea è in servizio da troppo poco tempo per poter esprimere qualsiasi giudizio sull'efficienza della soluzione adottata.

die Schweizer Leitung, die von Soazza zum Knotenpunkt Laufenburg führt, auf diese Spannung umzuschalten und um sie mit dem westdeutschen 380-kV-Netz zu koppeln.

Das Zweierbündel wurde mit Rücksicht auf die spätere 380-kV-Übertragungsspannung gewählt.

Obwohl dieser Betrieb nicht bald aufgenommen wird, hat die SEA schon jetzt den zweiten Teilleiter verlegt, sowohl aus praktischen Überlegungen wie auch zur Gewinnung von Betriebserfahrungen mit dieser kurzen, im Herbst 1960 in Betrieb genommenen Leitung, da das Verhalten des Zweierbündels in besonders kalten und schwierigen alpinen Gebieten von besonderem Interesse ist. Das in Abbildung 2 dargestellte Profil vermittelt eine Vorstellung von der Kühnheit des Entwurfes. Bei der Trassenfestlegung und der Verteilung der Maste mußten lawinengefährdete Stellen vermieden werden.

Aus Gründen der Leitungsmontage war es, wie das Profil erkennen läßt, nicht möglich, die beiden Leiter derselben Phase gleichzeitig zu verlegen und daher war es auch nicht möglich, ihre richtige Anordnung im Spannungsfeld zu sichern. Diesem Umstand schreibt man das Drehen des Leiterbündels zu, das im Laufe des letzten Winters auftrat, eine Drehung, die ihren Höhepunkt in der Spannungsfeldmitte mit Winkeln über 45° erreicht hat. Es ist festzustellen, daß in der folgenden Sommerperiode das Bündel von selbst wieder in die normale horizontale Lage zurückgekehrt ist.

380-kV-Leitung Mese—Bovisio der Edisonvolta S.p.A. (92 km). Diese Leitung war ursprünglich als zweisystemige 220-kV-Leitung transformierbar in eine einsystemige 380-kV-Leitung gedacht. Man wurde sich jedoch dessen bewußt, daß ihre Außerbetriebsetzung für diese Transformation außerordentlich viele Rücksichten erfordert und daher sehr mühsam wäre. Die Leitung wurde daher für 380 kV gebaut, obwohl der Betrieb mit dieser Spannung nicht nahe bevorsteht.

Die Verwendung des Zweierbündels ergab sich aus der Übertragungsspannung von 380 kV.

Die Leitung, deren Kennwerte in Tabelle 1 enthalten sind, wurde vor wenigen Monaten mit 220 kV in Betrieb genommen und es können daher noch keine Betriebsergebnisse vorliegen.

Es muß hinzugefügt werden, daß auf einer Strecke von etwa 27 km statt des Zweierbündels das in Abb. 3 gezeigte Hohlseil verlegt wurde.

Es darf die Vermutung ausgesprochen werden, daß diese Leitung das einzige Beispiel der Welt einer 380-kV-Leitungsstrecke mit nur einem Hohlseil ist.

Zu dieser Lösung führten die Eigenschaften der durchquerten alpinen Zone, die zahlreiche Spannweiten von beträchtlicher Länge forderte, in welcher große Überbeanspruchungen durch nassen Schnee und große Höhe ü. d. M. zu gewärtigen waren.

Diese Faktoren und die beträchtlichen Schwierigkeiten bei der Durchführung von Instandsetzungsarbeiten führten zur Verlegung des Einleiters mit seiner viel höheren mechanischen Sicherheit als der des Bündels.

Wie bereits erwähnt, ist die Leitung seit zu kurzer Zeit in Betrieb, um ein Urteil über die Zweckmäßigkeit der getroffenen Lösung zu gestatten.

Linea a 380—220 kV Bovisio—Baggio (Milano) della Edisonvolta S. p. A. (25 km) — Ricordiamo quest'opera perchè costituisce un raro esempio di un'unica palificazione con due terne, una prevista ed ora equipaggiata per funzionamento a 380 kV e l'altra per servizio normale a 220 kV (fig. 4).

Questa soluzione ibrida è stata resa necessaria dalla estrema difficoltà di trovare un passaggio per due palificazioni indipendenti in una zona eccezionalmente densa di costruzioni civili e industriali.

Il conduttore binato è stato usato solo per la terna a 380 kV con caratteristiche e tecnica identiche a quelle ricordate per la 380 kV Mese—Bovisio.

Studi e ricerche

Nell'impiego del conduttore binato nelle linee ricordate in precedenza, gli italiani si sono attenuti in genere alla tecnica sviluppata all'estero senza procedere a studi e ricerche originali. Ricordiamo soltanto la memoria n. 214 presentata alla CIGRE per la Sessione del 1956 dal prof. QUILICO col titolo „Le diamètre équivalent et les gradients électriques superficiels des conducteurs jumelés“.

Soltanto recentemente la Società Edisonvolta, anche in vista della probabilità che la sua rete a 380 kV abbia a estendersi e che in un avvenire più o meno lontano debba affrontare tensioni maggiori, ha iniziato qualche studio proprio.

Notizie in proposito sono state date alla Sessione 1960 della CIGRE. In particolare nel suo rapporto n. 222 l'ing. PARIS ha illustrato uno studio su modelli di linee accennando fra l'altro a indagini sugli effetti meccanici conseguenti alla rottura di uno dei due conduttori di un complesso binato.

Alla Riunione Annuale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, tenutasi ad Ancona nel settembre 1960, ancora l'Edisonvolta ha presentato una serie di memorie relative ad esperienze che stava organizzando su di un breve tronco di linea per confrontare il comportamento meccanico ed elettrico a 380 kV della soluzione a conduttore binato, con quelle a conduttore pieno normale del diametro di 44 mm e con quella a conduttore espanso cavo del diametro di 50 mm. I risultati di tali ricerche sono ancora in corso di analisi.

Come si è forse intuito dalla prima parte di questa relazione uno dei problemi che preoccupa i progettisti di linee elettriche italiane è quello delle grandi camminate che occorre affrontare in zone montuose prevedendo gravose condizioni di sovraccarico di ghiaccio e neve.

Per eseguire studi in proposito con criteri razionali e metodici l'Edisonvolta ha creato la campata sperimentale di circa 630 m indicata nella fig. 5, nella quale attualmente si stanno mettendo a punto una complessa serie di dispositivi di registrazione automatica di numerosi fattori e parametri per poter arrivare a conclusioni il più possibile razionali.

A titolo d'informazione si può solo anticipare che nello scorso inverno sul conduttore binato si sono constatati per ora incomprensibili fenomeni di danza del complesso come quelli indicati nella fig. 6.

Per ultimo è da ricordare che l'Associazione Nazionale Imprese Produttrici e Distributrici di Energia

380-220-kV-Leitung Bovisio—Baggio (Mailand) der Edisonvolta S. p. A. (25 km). Diese Leitung sei erwähnt, weil sie ein seltenes Beispiel dafür ist, daß auf nur einem Mast zwei Systeme verlegt sind, eines für 380 kV für späteren Betrieb, das andere für den normalen Betrieb mit 220 kV (Abb. 4).

Zu dieser Sonderlösung führten die außerordentlichen Schwierigkeiten, die sich in diesem Gebiet mit seinen außerordentlich vielen Zivil- und Industriebauten dem Legen zweier Leitungstrassen entgegensetzt.

Das Zweierbündel wurde nur für das 380-kV-System verwendet, dessen Kenngrößen und Ausführung identisch mit diesen der 380-kV-Leitung Mese—Bovisio sind.

Studien und Untersuchungen

Bei der bisherigen Verlegung des Zweierbündels hat die italienische Praxis im allgemeinen die im Ausland entwickelte Technik angewendet, ohne auf Originalstudien und -untersuchungen hinweisen zu können. Wir erinnern nur an den Bericht Nr. 214 „Le diamètre équivalent et les gradients électriques superficiels des conducteurs jumelés“, den Prof. QUILICO der CIGRE-Tagung 1956 vorgelegt hat.

Erst kürzlich hat die Società Edisonvolta auch im Hinblick auf die Möglichkeit, daß sie ihr 380-kV-Netz erweitern und in näherer oder weiterer Zukunft auf höhere Spannungen übergehen müsse, das Betreiben eigener Studien angeregt.

Diesbezügliche Hinweise wurden 1960 bei der CIGRE-Tagung gemacht. Im besonderen hat Ing. PARIS in seinem Bericht Nr. 222 eine Studie über Leitungsmodelle beschrieben, in der er unter anderem auf die Forschungen über die mechanischen Wirkungen des Risses einer der beiden Leiter eines Zweierbündels hinweist.

Bei der Jahresversammlung der Associazione Elettrotecnica Italiana, die im September 1960 in Ancona stattfand, hat die Edisonvolta Erfahrungen bekanntgemacht, die an einem kurzen Leitungstück durchgeführt wurden, um das mechanische und elektrische Verhalten bei 380 kV des Zweierbündels gegenüber dem Einleiter von 44 mm Durchmesser und dem Hohlseil von 50 mm Durchmesser vergleichen zu können. Die gewonnenen Ergebnisse werden noch studiert.

Wie aus dem ersten Teil dieses Berichtes zu entnehmen ist, beschäftigt den italienischen Leitungsprojektanten das Weitspannfeld im Gebirge, in welchem hohe Zusatzlasten durch Eis und Schnee zu gewärtigen sind.

Zwecks Durchführung von Studien mit den tatsächlichen einschlägigen Kenngrößen hat die Edisonvolta ein Versuchsspannfeld von etwa 630 m Weite errichtet (Abb. 5), in das eine vollständige Garnitur Apparate zur selbsttätigen Registrierung der zahlreichen Daten und Parameter eingebaut wurde, um möglichst verlässliche Ergebnisse gewinnen zu lassen.

Zur Information sei vorangestellt, daß im vergangenen Winter am Zweierbündel vorerst nicht zu erklärende Tanzerscheinungen an der gesamten Leitung, wie Abb. 6 zeigt, auftraten.

Schließlich sei erwähnt, daß die Associazione Nazionale Imprese Produttrici e Distributrici di Energia

Elettrica (ANIDEL) sta organizzando un'altra serie di studi relativi alle linee ad altissima tensione, valendosi fra l'altro del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta (CESI).

Questi studi riguarderanno anche i conduttori a fascio e per la parte sperimentale meccanica si varranno di un impianto particolare di cui dispone il CESI (fig. 7)

Elettrica (ANIDEL) eine weitere Reihe von Untersuchungen an Höchstspannungsleitungen vorbereitet, wobei sie u. a. das Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta (CESI) heranzieht.

Diese Studien schließen die Bündelleiter ein, für die mechanischen Versuche wird eine besondere Anlage benötigt, über die das CESI verfügt (Abb. 7) und die



Fig. 5. Campata sperimentale di 630 m attraverso la Valle dello Spluga realizzata dalla Edisonvolta per lo studio comparativo di diversi tipi di conduttore

che permette di lavorare in grandezze naturali su campate della lunghezza massima di 130 m con tiri fino a 40 000 kg.

Questo complesso permetterà fra l'altro di indagare razionalmente sui problemi d'elasticità e di assestamento dei conduttori, su quello delle vibrazioni, ecc.

Sarà inoltre possibile studiare il comportamento dei distanziatori in concomitanza di eccezionali correnti di

es gestattet, die tatsächlichen Betriebsbedingungen an Spannweiten mit einer Höchstlänge von 130 m und Zügen bis zu 40.000 kg zu untersuchen.

Mit dieser Einrichtung werden verlässliche Lösungen vieler Probleme gefunden werden können, betreffend u. a. die Anordnung und die Elastizität der Leitungen, die Schwingungen usw.

Es wird außerdem möglich sein, das Verhalten der Abstandhalter beim Auftreten außergewöhnlicher Kurz-

corto circuito. In effetti l'impianto prova di cui sopra è contiguo al reparto prove interruttori A. T. dello stesso CESI di modo che sarà possibile disporre di correnti di corto circuito forse superiori a 100 kA.

Commenti

Da quanto precede si può arguire che i conduttori a fascio sono adottati in Italia con pieno favore anche affrontando serie difficoltà per severità di condizioni meteorologiche.

Limitandoci a considerare i risultati dell'esperienza relativi alle prime due linee ricordate in questa relazione, le sole in servizio da un diverso numero di anni, lecito è concludere che fino ad ora il conduttore binato non è causa di inconvenienti di rilievo.

Non siamo in grado di dire se questo risultato favorevole sia dovuto al basso valore dell'every day stress adottato in tali linee; d'altra parte non si potrebbe

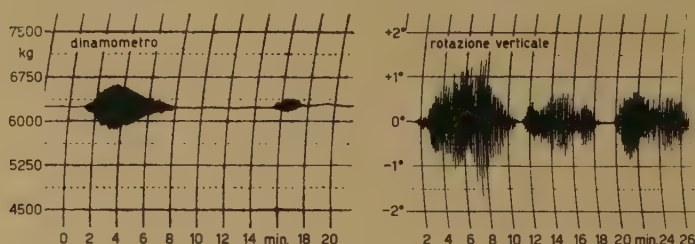


Fig. 6. Tipico fenomeno di danza dei conduttori di natura non ancora identificata verificatosi sui conduttori binati della Campata sperimentale di fig. 5

neppure escludere che gli accavallamenti dei conduttori verificatisi, però senza conseguenze di rilievo, siano favoriti da questo stesso basso valore dell'e. d. s.

Particolarmente ardua per la lunghezza delle campate e per il valore elevato dell'e. d. s. è la 380 kV Mese—Bovisio così che i suoi risultati pratici saranno col tempo di molto interesse.

Fra le considerazioni che militano a favore dei conduttori a fascio, non ci risulta che sia stato messo sufficientemente in rilievo come questa tecnica permetta di ridurre il distanziamento dei conduttori, e quindi l'ingombro delle linee, a parità di gradiente elettrico sui conduttori.

La questione è di grande importanza quando le linee elettriche attraversano zone industriali od intensamente abitate dove sono elevati gli indennizzi da pagare per la servitù di elettrodotto.

Proprio per questi motivi la Edisonvolta sta studiando l'opportunità di adottare per una linea a 380 kV conduttori trinati in luogo dei conduttori binati.

In effetto per una linea a 380 kV con conduttori in piano orizzontale si ha lo stesso gradiente elettrico (kV/cm) con distanze fra le fasi di 9,60 m o di 3,50 m a seconda che si impieghi un fascio di 2 o di 3 conduttori del diametro di 31,5 mm.

Naturalmente è impensabile una linea a 380 kV con distanza fra le fasi di soli 3,50 m; ma dei dati accennati è facile intuire come si possano adottare distanze minori

schlußströme zu studieren. Die Versuchsanlage ist an den Versuchsraum für Hochspannungsschalter der CESI angeschlossen, so daß es möglich sein wird, die Versuche mit Kurzschlußströmen von mehr als 100 kA auszuführen.

Bemerkungen

Aus dem Vorhergehenden ist zu ersehen, daß die Bündelleiter in Italien erfolgreich angewendet wurden, obwohl sie hier gewissen Schwierigkeiten wegen der ungünstigen meteorologischen Bedingungen gegenüberstehen.

Die Erfahrungen mit den ersten beiden, in diesem Bericht erwähnten Leitungen, die einzigen, die seit mehreren Jahren in Betrieb stehen, zeigen, daß bis jetzt die Zweierbündelleitung keine erhebliche Schwierigkeiten verursacht hat.

Es kann nicht gesagt werden, daß dieses günstige Ergebnis auf den niedrigen Wert der üblichen Zugspannung, dem die Leitungen ausgesetzt sind, zurück-

zuführen ist; andererseits ist es nicht ausgeschlossen, daß das aufgetretene Berühren der Teilleiter, das keine Folgen hatte, von dem niedrigen Wert der üblichen Zugspannung begünstigt wird.

Durch die kühn festgelegten Spannweiten und den erhöhten Wert der Zugspannung werden die an der 380-kV-Leitung Mese—Bovisio zu gewinnenden praktischen Ergebnisse im Laufe der Zeit von großem Interesse sein.

Die angestellten Überlegungen, die zugunsten des Bündelleiters ausfallen, haben bisher noch nicht die Frage eingeschlossen, wie die angewandte Technik den Abstand der Teilleiter herabsetzen und damit auch die Nachteile der großen Phasenabstände auf die Parität der elektrischen Gradienten der Leiter beheben können.

Die Frage ist von großer Wichtigkeit, wenn die elektrischen Leitungen Industrie- oder dicht besiedelte Gebiete überqueren, wo die Leitungsrechte teuer sind.

Aus diesen Gründen untersucht die Edisonvolta die Frage, ob es zweckmäßig ist, eine 380-kV-Leitung mit Dreier- anstatt mit Zweierbündeln auszustatten.

In der Tat hat der elektrische Gradient (kV/cm) einer 380-kV-Leitung mit den Phasen in einer horizontalen Ebene denselben Wert bei den Phasenabständen von 9,6 m wie bei 3,5 m, wenn statt des Zweierbündels ein Dreierbündel mit 31,5 mm Durchmesser verlegt wird.

Es ist wohl eine 380-kV-Leitung mit dem Phasenabstand von nur 3,5 m nicht vorstellbar, aber auf Grund der angegebenen Daten erscheint es möglich, geringere

di 9,60 m impiegando un fascio di tre conduttori ciascuno del diametro minore di 31,5 mm.

Procedendo in questo senso la Edisonvolta pensa di poter ridurre l'ingombro della linea da 19,20 m a circa 14 m.

Gli ottimi risultati ottenuti con la tecnica dei conduttori a fascio non dovrebbe però ritardare o sospendere le ricerche e gli studi per realizzare efficienti conduttori espansi che saranno sempre indispensabili per le future

Entfernungen als 9,6 m bei Anwendung des Dreierbündels mit einem Mindestdurchmesser des Teilleiters von 31,5 mm einhalten zu können.

Die Edisonvolta arbeitet in diesem Sinne weiter und hofft, die Breite der Leitung von 19,20 m auf etwa 14 m zu verringern.

Man darf jedoch auf Grund der günstigen Erkenntnisse aus der Anwendung der Bündelleiter, Untersuchungen und die Studien zur Erzeugung der Hohlseile, die für die zukünftigen angestrebten Spannungen



Fig. 7. Campata sperimentale realizzata dal Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta (CESI) per lo studio sistematico dei conduttori

tensioni verso le quali si tende e che potranno tornare utili anche per le tensioni attuali in casi speciali, come ad esempio quello ricordato della linea Mese—Bovisio della Società Edisonvolta.

Ritornando al problema dell'ingombro delle linee è ovvio inoltre che si potrebbe realizzare il valore di 14 m, verso il quale tende la Edisonvolta, con un fascio di due conduttori espansi di diametro maggiore di 31,5 mm anziché con un fascio di tre conduttori pieni del diametro minore di 31,5 mm.

Il problema del conduttore espanso è quindi sempre di attualità.

und auch für die heutigen Spannungen in besonderen Fällen vorteilhaft sein können, wie z. B. bei der Leitung Mese—Bovisio der Società Edisonvolta nicht vernachlässigen oder gar aufgeben.

Zurückkehrend auf den Nachteil der großen Leitungsbreite ist zu erwähnen, daß man das Ausmaß von 14 m, das die Edisonvolta anstrebt, mit einem Zweierhohlseilbündel mit einem Durchmesser von über 31,5 mm oder mit einem Bündel von drei massiven Leitern mit einem Durchmesser unter 31,5 mm verwirklichen kann.

Das Problem des Hohlseiles bleibt daher aktuell.

Übersetzt von Dr. HELGA BAUMANN

Höchstspannungs-Leitungen in der Schweiz

Von Vize-Direktor R. VÖGELI und Obering. DREIER, Motor-Columbus A.G., Baden/Schweiz

Mit 13 Textabbildungen

DK 621.315.004.1 (494)

I. Das Leitungsnetz

Der Beginn des intensiven Ausbaues der Wasserkräfte in den Schweizer Alpen erforderte auch eine sorgfältige Überlegung der damit verbundenen Übertragungsprobleme. Die geringe Ausdehnung der Schweiz mag auf den ersten Blick erwarten lassen, daß man mit der hier seit langem üblichen Spannung von 150 kV, oder doch mit 220 kV auskommen könne. Die großen

führen, wo die Leitungen aus Gründen der Betriebssicherheit auf Portalmasten, also einsträngig erstellt werden müssen, führten zur Wahl der Übertragungs-Spannungen von 220 und 380 kV.

Mit dem Ausbau eines 380-kV-Leitungsnetzes wurde im Jahre 1932 durch die Erstellung der Gotthard-Leitung durch Motor-Columbus begonnen. Die Tragwerke wurden für den Betrieb mit 380 kV dimensioniert, als

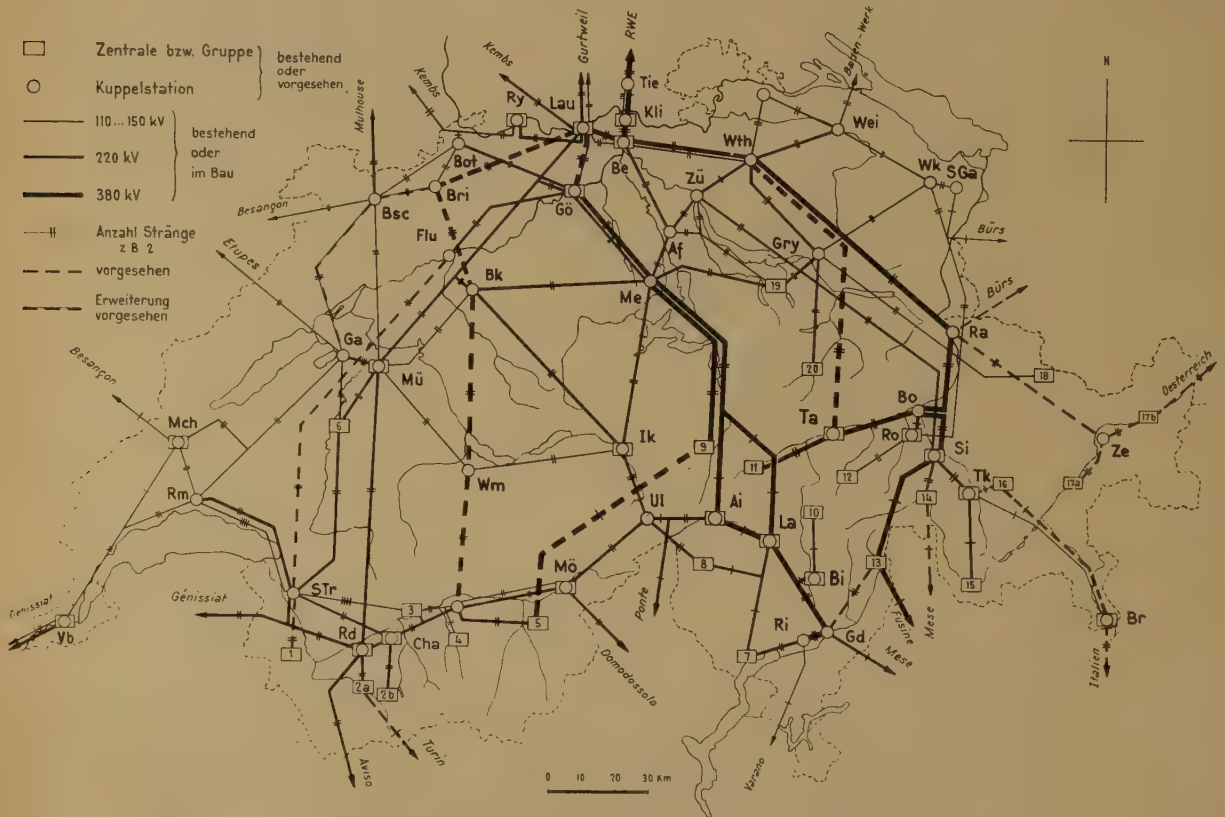


Abb. 1. Höchstspannungsnetz der Schweiz, Stand 1961

Beiblatt zu Netzschema MC Nr. 457 341

Kuppelstationen

Af	Affoltern	Flu	Flumenthal	Mö	Mörel	Ta	Tavanasa
Ai	Airolo	Ga	Galmiz	Mü	Mühleberg	Tie	Tiengen
Be	Beznau	Gd	Gorduno	Ra	Ragaz	Tk	Tiefenkastel
Bi	Biasca	Gö	Gösgen	Ri	Riazzino	Vb	Verbois
Bk	Bickigen	Gry	Grynau	Rm	Romanel	Wei	Weinfelden
Bo	Bonaduz	Ik	Innertkirchen	Rd	Riddes	Wk	Winkeln
Bot	Bottmingen	Kli	Klingnau	Ro	Rothenbrunnen	Wm	Wimmis
Br	Brusio	La	Lavorgo	Ry	Ryburg-Schwörstadt	Wth	Winterthur
Bri	Brislach	Lau	Laufenburg	SGa	St. Gallen	Zü	Zürich
Bsc	Bassecourt	Mch	Montchérand	Si	Sils	Ul	Ulrichen
Cha	Chamoson	Me	Mettlen	STr	St. Tryphon	Ze	Zerne

Zentralen Gruppen

1	Emosson	5	Mattmark	11	Vorderrhein	17a, b	Engadiner KW
2a	Mauvoisin	6	Rossens	12	Zervreila	18	Bündner KW
2b	Grd. Dixence	7	Maggia I	13	Misox	19	Etzel — Wägital —
3	Chandoline	8	Maggia II	14	Hinterrhein		Löntschi
4	Gougria	9	Göschenen	15	Bergell	20	Limmern
		10	Blenio	16	Landwasser		

Ausbauleistungen (je etwa 3 000 MW in Graubünden und Wallis und 2 000 MW im Gotthardgebiet, Reuss und Tessin) und die wenigen für den Leitungsbau geeigneten Alpenübergänge, die zum Teil noch durch topographisch und klimatisch ungünstige Gegenden

Leiter jedoch vorerst für den Betrieb mit 150-kV-Kupferseile von 230 mm² aufgelegt in der Absicht, diese beim Übergang auf 380 kV durch Kupferhohlseile von 42 bis 52 mm Durchmesser, je nach Höhenlage, zu ersetzen. Wirtschaftskrise und Krieg brachten einen Stillstand im

Ausbau des Höchstspannungs-Leitungsnetzes bis zum Jahre 1947. Seither sind in rascher Folge Leitungen für 220 und 380 kV erstellt worden, und ein Teil des früheren 150-kV-Netzes ist bereits wieder abgebrochen worden. Daraus ergibt sich das in Abb. 1 dargestellte be-

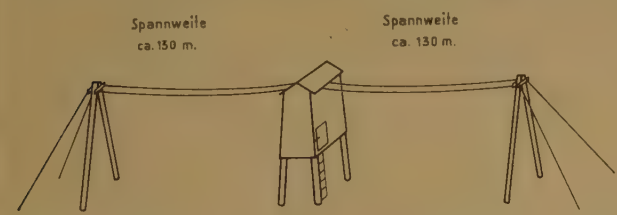


Abb. 2. Schema einer Meßstation für Zusatzlast auf Bündelleitern

stehende oder noch vorgesehene Leitungsnetz. Nicht berücksichtigt ist auf dieser Abbildung das Einphasennetz der Schweizerischen Bundesbahnen.

Die Arbeiten von MARKT und MENGELE haben gezeigt, daß in elektrischer Beziehung Bündelleiter den Einzelleitern großer Durchmesser wesentlich überlegen

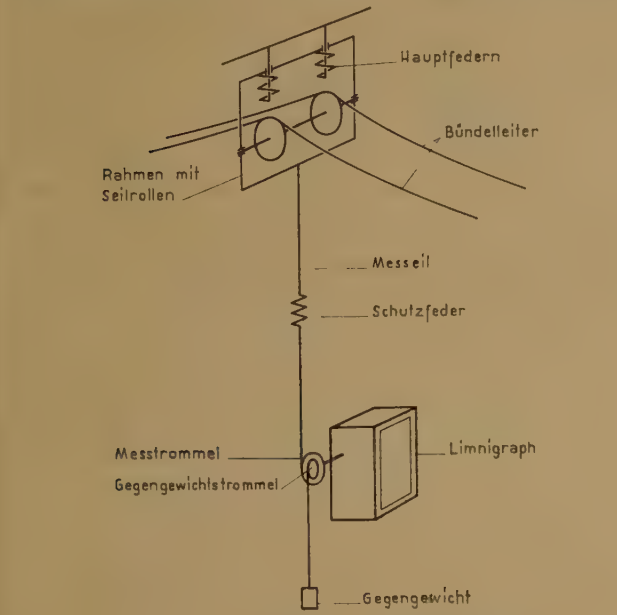


Abb. 3. Schema der Meßeinrichtung

sind. Zweifel bestanden jedoch über das Verhalten der Bündelleiter in den klimatischen Verhältnissen der Alpen und deren Vorgelände. Als größte Gefahr wurde das Zusammenwachsen des Rauhreif-, Schnee- oder Eisansatzes an den Teilleitern eines Bündels zu einem geschlossenen Körper angesehen und die Frage stellte sich, was in einem solchen Fall für Kräfte auftreten könnten. Wegen dieser Befürchtungen beschränkte man sich auf das Studium der Zweierbündel.

In verschiedenen Leitungsstrecken mit Einzelleitern waren schon in den dreißiger Jahren Instrumente eingebaut worden, welche die Leiterzüge dauernd registrierten und dadurch Aufschluß über die Zusatzlastbildung gaben. In einer Spannweite (Schöllenen) von etwa 1 200 m Länge wurden zwei solche Instrumente an zwei benachbarten Leitern eingebaut. Es zeigte sich,

daß die Zusatzlastbildung und das Abfallen derselben beachtliche Unterschiede von einem Leiter zum anderen aufweisen können. Zuzufolge der verschiedenen Zusatzlastansätze mußte mit wesentlichen Kräften gerechnet werden, die von einem Teilleiter eines Bündels auf den andern, auch in Leitungsrichtung, übertragen werden müssen.

Auf einer kurzen Seilstrecke auf dem Säntisgipfel wurden Zusatzlasten bis zu 20 kg/m festgestellt. Der Säntis ist außerordentlich exponiert und niederschlagsreich. Es wurde daher angenommen, daß dies als Extremwert für die Alpen betrachtet werden dürfe.

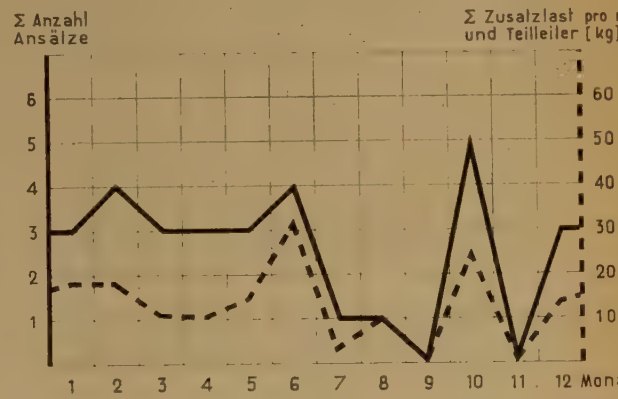


Abb. 4. Meßstation Mittelplatten. Summenkurven der in den Jahren 1956 bis 1960 gemessenen Zusatzlast-Häufigkeit und der Zusatzlast-Gewichte

Als Motor-Columbus A.G. (MC) von der Aare-Tessin A.G. den Auftrag erhielt, ihre beiden Alpenleitungen (Gotthard- und Lukmanierleitung) für den Betrieb mit 380 kV bereitzustellen, wurden an drei Stellen im Zuge dieser Leitungen

II. Meß-Stationen für Zusatzlast auf Bündel-Leitern

aufgestellt. Die drei Stationen sind nach dem gleichen Prinzip, wie aus Abb. 2 hervorgeht, erstellt worden. Ein Bündelleiter von etwa 260 m Länge wird in der

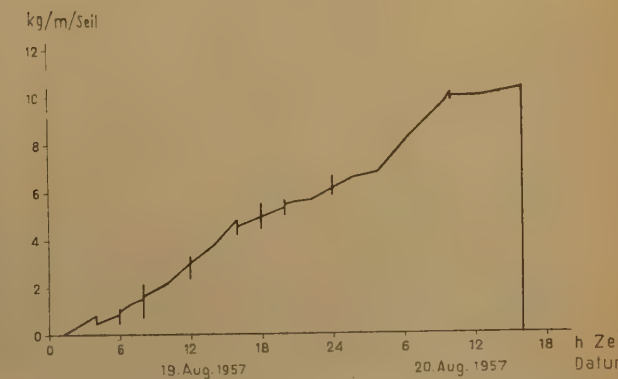


Abb. 5. Ausschnitt von Meßstreifen Station Mittelplatten. Gewicht der Zusatzlast vom 19./20. August 1957 in Funktion der Zeit

Mitte in einem Holzhäuschen gewogen und sein Gewicht kontinuierlich aufgezeichnet. Das Schema der Meßeinrichtung zeigt Abb. 3.

Das Registrierinstrument hat eine Laufdauer von einem Monat und eine zusätzliche Gangreserve von einem halben Monat. Es ist zweckmäßig, wenn die Papierstreifen nicht zu oft ausgewechselt werden müssen, da die Stationen bei Lawinengefahr und sonstigen un-

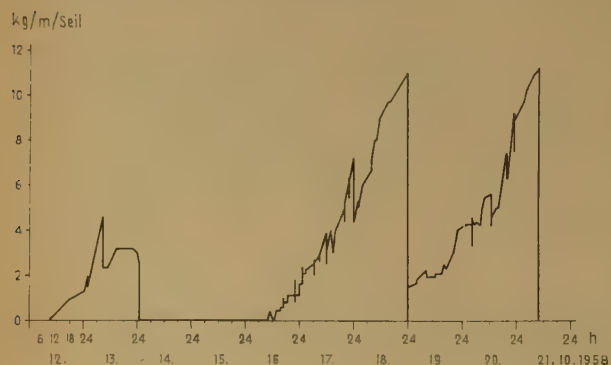


Abb. 6. Ausschnitt von Meßstreifen Station Mittelplatten. Gewicht der in der Zeit vom 12. bis 21. Oktober 1958 gemessenen Zusatzlast in Funktion der Zeit

günstigen Wetterverhältnissen nur schlecht oder gar nicht erreichbar sind. Das Meßhäuschen muß überall dicht verschlossen sein, da sonst Feinschnee durch die kleinsten Ritzen eintritt und das Funktionieren der Einrichtung behindert.

Tabelle 1. In der Zeit vom 20. Oktober 1955 bis 28. Februar 1961 auf der Station Mittelplatten gemessene Zusatzlasten

> 2 kg pro m und Teilleiter

Datum	Zusatzlast in kg pro m und Teilleiter	Datum	Zusatzlast in kg pro m und Teilleiter
26. 10. 55	2,8	18. 1. 58	4,0
16. 11. 55	3,4	21. 2. 58	5,8
5. 12. 55	3,1	27. 5. 58	7,2
28. 12. 55	2,8	10. 6. 58	8,1
2. 2. 56	2,5	28. 6. 58	8,3
15. 2. 56	3,0	21. 10. 58	11,2
30. 4. 56	4,4	3. 1. 59	8,0
12. 5. 56	4,4	22. 2. 59	7,2
8. 10. 56	3,8	12. 3. 59	4,0
5. 12. 56	3,5	11. 6. 59	8,5
7. 12. 56	5,6	29. 6. 59	7,7
30. 3. 57	2,6	29. 10. 59	3,0
8. 4. 57	2,9	25. 12. 59	4,7
13. 5. 57	3,7	25. 3. 60	4,5
23. 7. 57	2,6	16. 4. 60	3,3
20. 8. 57	10,3	7. 10. 60	3,2
23. 10. 57	4,2	3. 2. 61	3,7
11. 1. 58	5,7	13. 2. 61	6,8

In der Tabelle 1 sind alle Ansätze von Zusatzlast, welche größer waren als 2 kg pro m und pro Teilleiter und welche in der Zeit vom 20. Oktober 1955 bis 28. Februar 1961 auf der Station Mittelplatten¹⁾ 2500 m ü. M. gemessen wurden, chronologisch aufgeführt. Für die Zeit vom 1. Januar 1956 bis 31. Dezember 1960, also für fünf Jahre, sind in Abb. 4 diese Zahlen ausgewertet. Die ausgezogene Kurve zeigt, sum-

¹⁾ Mittelplatten = höchster Punkt der Lukmanier-Leitung.

miert für jeden Monat, wie oft Zusatzlast von mehr als 2 kg/m und Teilleiter gemessen wurde, und die gestrichelte Summenkurve gibt das Totalgewicht der in der genannten Zeit gemessenen Zusatzlast ebenfalls für die einzelnen Monate an. Interessant ist die Tatsache, daß auf den Mittelplatten zu jeder Jahreszeit beträchtliche Zusatzlasten auftreten können.

Die Abb. 5 und 6 zeigen Ausschnitte von Meßstreifen derselben Station. Auf Abb. 5 ist der Zusatzlastansatz vom 19./20. August 1957 und auf Abb. 6 derjenige vom 12. bis 21. Oktober 1958 ersichtlich. Der mittlere Zuwachs pro Stunde variierte zwischen 0,17 und 0,3 kg pro m Teilleiter und der maximale Zuwachs betrug etwa 0,5 kg. Der in Abb. 5 enthaltene Maximalwert von 11,2 kg oder 22,4 kg pro m Bündel ist zugleich der bis heute auf allen drei Stationen gemessene Höchstwert.

Aus diesen beiden Diagrammen ist gut ersichtlich, wie das Gewicht der Zusatzlast bis zum Maximalbetrag stetig, aber unregelmäßig zunimmt, nur von Zeit zu Zeit durch kleinere oder größere Lastabfälle unterbrochen. Es wurde bis jetzt nicht beobachtet, daß extrem große Zusatzlasten über längere Zeit an den Leitern haften.

Die Abb. 7 und 8 zeigen Aufnahmen der Meßanlage auf Mittelplatten, dem höchsten Punkt der Lukmanierleitung. Beide Abbildungen sind am 18. Januar 1958 von einem Monteur der ATEL aufgenommen worden. Im Hintergrund auf Abb. 8 ist die zu diesem Zeitpunkt bereits auf Bündelleiter umgebaute Lukmanierleitung sichtbar. Die Zusatzlast betrug an diesem Tag — wie aus Tabelle 1 hervorgeht — 4 kg/m. Der Leiter hat einen Durchmesser von rund 3 cm und aus den Photos kann auf einen Durchmesser der Schneewalze von etwa 15 cm geschlossen werden. Das Raumgewicht der Zusatzlast betrug somit 0,24/dm³, und zwar unter der Annahme, daß die ganze Spannweite gleichmäßig behangen war. Berücksichtigt man die auf den Photos erkenntlichen, nicht mit Zusatzlast behangenen Strecken, so wird in Wirklichkeit das Raumgewicht etwa 0,3 bis 0,4 kg/dm³ betragen haben.

In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß die Lukmanierleitung in der Gegend von Mittelplatten für eine Zusatzlast von 12 kg/m Teilleiter dimensioniert ist. Auf der Meßstation wurde bis heute ein Höchstwert von 11,2 kg/m registriert.

Nachdem bis 1956 auf keiner der Meßstationen so große Zusatzlasten gemessen worden waren, daß ein Zusammenwachsen des Behanges auf den Teilleitern zu einer einzigen Walze hätte befürchtet werden müssen, entschloß sich die ATEL, auf die Maste ihrer beiden Alpenleitungen Bündelleiter aufzulegen.

Den zu erwartenden Zusatzlastverhältnissen schien aber kein auf dem Markt vorhandener Abstandhalter zu entsprechen und es mußte daher

III. ein neuer Abstandhalter

entwickelt werden. Die Kräfte, welche den Abstand der Leiter in einem Bündel zu verändern trachten, werden in der Hauptsache vom Wind und vom elektrischen Strom, der in den Leitern fließt, verursacht.

Der Wind erzeugt keine großen Kräfte, kann aber zu Vibrationen der Leiter führen. Die Abstandhalter müssen unempfindlich gegen diese Vibrationen sein.

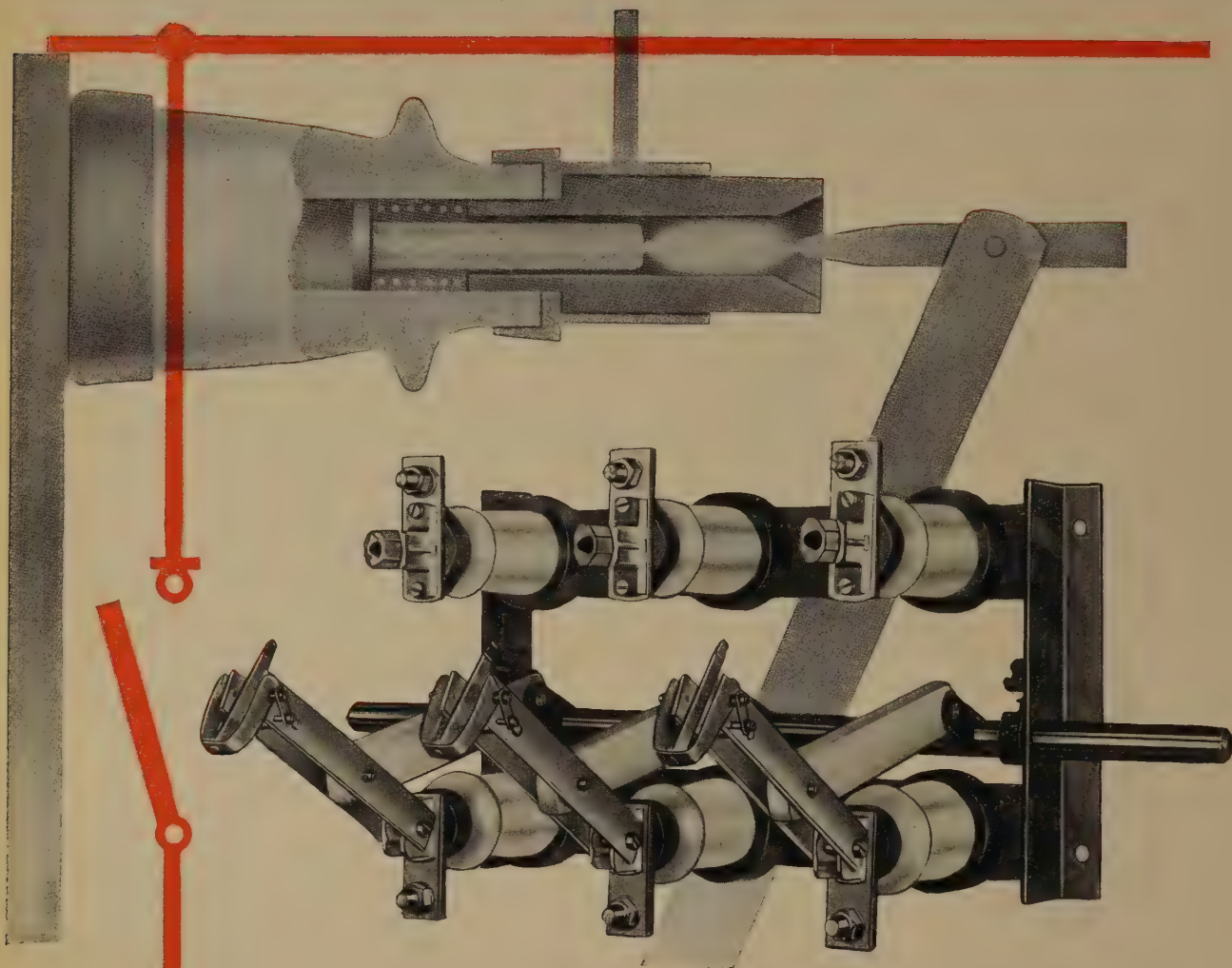


Abspannmast der 220-kV-Bündelleitung Bisamberg—Wien-Südost. Rechts oben der Montagewagen zum Setzen der Abstandhalter.

ELIN-UNION

AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE INDUSTRIE

Sachsenwerk



Lasttrennschalter

Reihe 10 und Reihe 20

Ausschaltleistungen:

bis 28 MVA

Einschaltströme:

bis 75 kAs

hohe Schaltzahlen

Sachsenwerk LICHT- UND KRAFT-AKTIENGESELLSCHAFT, MÜNCHEN

Vertretung für Österreich: Ing. Alexander Frauendorfer, Techn. Büro, Wien I, Börseg. 18, Tel. 34 41 64

Gelenke, auch mit kleinem Spiel, werden ausschlagen und eignen sich daher nicht.

Die elektro-magnetisch bedingten Kräfte können bei hohen Kurzschlußströmen beträchtliche Werte annehmen. Bei richtigem Arbeiten der Abschaltvorrichtungen ist ihre Dauer sehr kurz, die Abstandhalter müssen aber auch bei einem Versagen dieser Einrichtungen entweder

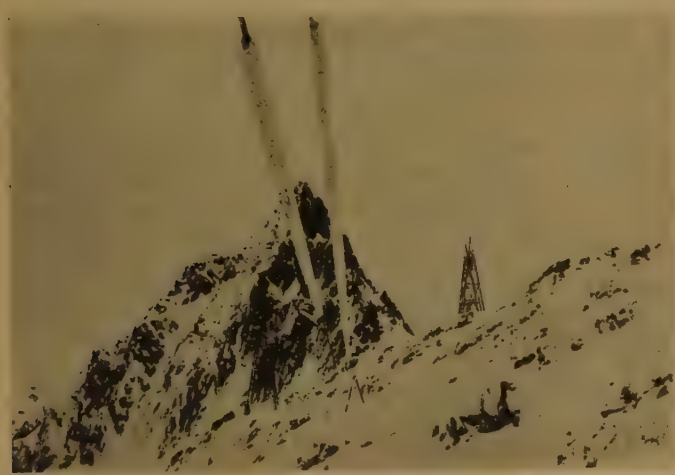


Abb. 7. Meßstation Mittelplatten. Blick gegen Lukmanier-Leitung

ohne Schaden zu nehmen standhalten oder elastisch nachgeben.

Außer diesen Kräften quer zur Leiterachse können die Abstandhalter aber noch durch Kräfte in Richtung der Leiter beansprucht werden. Solche Belastungen



Abb. 8. Meßstation Mittelplatten. Meßhäuschen

treten auf, wenn die Einzelleiter ungleich mit Zusatzlast behangen sind, bei ungleichem Lastabwurf von den Teilleitern oder wenn ein Teilleiter oder ein Isolator reißt. Die Abstandhalter müssen in der Lage sein, die

entstehenden Längskräfte von einem Leiter des Bündels auf einen andern zu übertragen, ohne daß Leiter und Abstandhalter beschädigt werden.

Zudem müssen die Abstandhalter die mechanischen Schwingungen der Seile möglichst ungehindert durchlassen, sie dürfen also keine Reflexionsstellen bilden, was auf die Dauer in den Seilen zu Ermüdungsbrüchen einzelner Drähte führen würde.

Der im Hinblick auf die Alpenleitungen und unter Beachtung der oben angeführten Forderungen entwickelte Abstandhalter ist in Abb. 9 dargestellt.

Er besteht aus einem vorgeformten Stahlseil, welches mit drei starken Klemmen aus Leichtmetall derart auf die Teilleiter aufgeklemmt wird, daß sich ein gleichschenkeliges Dreieck bildet.

Die Dreieckform wurde gewählt, um einerseits den Teilleiterabstand eindeutig festzulegen und um andererseits — was der Hauptgrund ist und den MC-Abstandhalter von anderen Fabrikaten unterscheidet — Kräfte in Leitungsrichtung von einem Teilleiter auf einen andern übertragen zu können, ohne daß über die Klemme ein wesentliches Drehmoment auf die Leiter ausgeübt wird.

Das vorgeformte Stahlseil verhält sich wie eine Feder und sorgt dafür, daß der Abstandhalter seine ursprüngliche Stellung wieder einnimmt, sobald die Kräfte in den Teilleitern wieder gleich groß werden.

Der Abstandhalter ist gegen Schwingungen unempfindlich, da er keine beweglichen Teile besitzt. Die Klemmen sind so ausgebildet, daß sie keine Radiostörungen verursachen.

Der MC-Abstandhalter kann für horizontal oder vertikal liegende Bündel und für eine beliebige Anzahl Teilleiter verwendet werden, er kann in Längsrichtung ohne Schaden von einem Teilleiter auf den andern etwa 4 t übertragen. Diese Abstandhalter lassen wegen ihrer Form auch bei Bruch eines Teilleiters oder Isolators nur sehr geringe Längsbewegungen zu, bis der Abstandhalter die Zugkraft vom defekten Teilleiter auf den gesunden überträgt. Dadurch wird das Auftreten harter Schläge vermieden, die den gesunden Teilleiter und dessen Isolatorenkette gefährden könnten.

Die ersten Abstandhalter dieser Art wurden anfangs 1957 auf der Leitung Amsteg—Mettlen, der ersten in der Schweiz gebauten Bündelleitung, montiert (Abb. 10). Im gleichen Jahr wurde die Lukmanierleitung (Abb. 11) und 1958 die Gotthardleitung (Abb. 12) auf Bündelleiter mit MC-Abstandhaltern umgebaut. Dann folgten mehrere weitere Leitungen in den Alpen und im Flachland, so daß bis heute rund 60 000 Abstandhalter die-

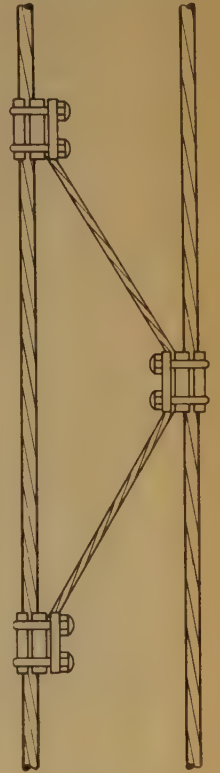


Abb. 9. Der MC-Abstandhalter

ses Systems in der Schweiz ihren Dienst versehen. Nachteilige Eigenschaften sind nicht aufgetreten, alle Stücke haben sich, auch unter den härtesten Bedingungen, bewährt.

IV. Isolation der Bündelleitungen

In der Schweiz sind bisher die Zweierbündel bewußt nur mit Doppel-Isolatorenketten abgespannt wor-



Abb. 10. Die 380-kV-Leitung Amsteg—Mettlen

den, so daß jedem Teilleiter eine Isolatorenkette zugeordnet ist. Es wurde davon Abstand genommen, Dreierketten zu verwenden, weil Mehrfachketten im Jahre



Abb. 11. Für 380 kV ausgerüstete Lukmanier-Leitung

1934 beim Abfallen von Zusatzlasten durch Zusammenschlagen beschädigt worden waren. Für die Abspannung wurden sehr starke Stabisolatoren verwendet, auf

Talstrecken mit 85, auf Bergstrecken mit 105 mm Strunkdurchmesser. Diese Isolatoren werden einer Stückprüfung mit 12,8 bzw. 19,2 t unterzogen. Irgendwelche



Abb. 12. Die für 380 kV ausgerüstete Gotthard-Leitung

Schäden sind bisher nicht aufgetreten. Durch die Verwendung der oben beschriebenen Abstandhalter ist Gewähr geboten, daß ohne komplizierte Hebelsysteme ein eventueller Isolatorenbruch sich nicht als Schlag auf den zweiten Isolator auswirkt und auch diesen zum Bruch bringt.

Das Isolationsniveau ist bei verschiedenen Gesellschaften nicht ganz gleich gewählt worden. Es liegt meist etwas über den Empfehlungen des SEV, Bulletin Nr. 20 vom 26. September 1959. Auf eine Erhöhung dieses Niveaus auf den Alpenübergängen wurde verzichtet in der Annahme, daß die reine Atmosphäre dort keine Isolatorenverschmutzung auftreten läßt, womit die nachteilige Wirkung des geringeren Luftdruckes z. T. kompensiert ist.

Zur Vermeidung von Radiostörungen durch Büschelentladungen an den Armaturen werden diese meist mit Sprüh-schutz-einrichtungen gemäß Abb. 13 versehen.

V. Erfahrungen mit Bündelleitern

Die Erfahrungen mit den in Betrieb stehenden Bündelleitern sind durchwegs günstig. Das Verhalten in bezug auf Radiostörungen ist so zufriedenstellend, daß die zuständigen Überwachungsbehörden die Bündelleiter gegenüber den Einzelleitern stark vorziehen und am liebsten auch für 220-kV-Leitung, wie dies für die 380-kV-Leitungen geschieht, nur noch Bündelleiter in Betracht ziehen möchten.

Die Kosten der Leitungen sind natürlich sehr stark von den in Rechnung zu stellenden Zusatzlasten abhängig; deswegen werden wohl im Gebirge auch in Zukunft für 220 kV noch Einzelleiter in Frage kommen.

Auch in mechanischer Hinsicht haben sich die Bündelleiter bewährt. Immerhin haben sich in einzelnen großen Spannweiten (800 m und mehr) die Bündel, zufolge Schneeabwurfs oder stürmischer Aufwärtswinde am Berghang, überworfen und nicht immer von selbst wieder zurückgedreht. Mit Ausnahme von einer Spannweite von 1200 m sind jedoch bisher keine Leiterbeschädigungen aufgetreten. In dieser einen Spannweite haben die Leiter durch längeres Aufeinanderliegen aneinander gescheuert und Adern beschädigt. Um das Überwerfen der Bündel zu verhindern, sind in einzelnen Spannweiten in der Nähe der Maste zusätzliche Abstandhalter eingebaut worden. Es scheint, daß dadurch ein Erfolg zu erwarten ist, jedoch ist die Dauer des Einbaues noch zu kurz, als daß ein endgültiges Urteil abgegeben werden könnte.

In bezug auf die elektrische Belastbarkeit der Bündelleiter sind alle Erwartungen eingehalten worden. Auf einer einsträngigen 150 km langen Leitungsstrecke mit Zweierbündeln aus 550 mm² Aldrey wurden in 220 kV kurzzeitig 640 MVA übertragen, was ungefähr der thermischen Belastungsgrenze dieses Bündels entspricht.



Abb. 13. Sprühschutzeinrichtung auf der Gotthard-Leitung für 380 kV

Bundled Conductors

Bündelleiter

S. GROOP, G. JANCKE, D. ZETTERHOLM, Swedish State Power Board, Stockholm

With 8 Figures

DK 621.315.145(485)

Sweden is a long but relatively narrow country. Its total length of approximately 1 500 km lies roughly in a north-south direction. The main part of the population, about 85%, lives in the south and consequently the chief consumption of electric energy takes place in this part of the country. The greater part of the relatively ample water power resources are obtained from the numerous rivers which flow in a more or less south-easterly direction in the northern part of the country. Sweden possesses no domestic sources of oil or coal of an extent which would be of any practical importance under normal conditions. The extraction of fuel from peat has not proved feasible from an economic viewpoint. These are the fundamental conditions that constitute the background for the existing configuration of the Swedish power network.

During the first two decades of the century power stations which supplied the adjacent districts, were built in different parts of the country. This construction continued during the 1920s and -30s at which time the different load centres in the south of the country began to be interconnected. By the middle of the 1930s the first 220 kV link between the northern and southern sections of the country was placed in service. The load continued to increase by about 6.5% per annum and since the local power resources in Southern Sweden had already been fully exploited it became necessary to resort to the water power in the North on an ever-increasing scale and transmit the energy to South Sweden. In the initial stages the water power in the southernmost of the North Swedish rivers was chiefly exploited, but as time progressed the new

Das Gebiet Schwedens ist eng und langgestreckt. Die Längsachse von etwa 1 500 km verläuft annähernd in der Nord-Südrichtung. Der Hauptanteil der Bevölkerung, d. h. 85%, lebt im Süden, so daß hier der Schwerpunkt des Energiekonsums liegt. An der relativ ausgiebigen Wasserkraft haben die zahlreichen Flüsse des nördlichen Staatsgebietes, die mehr oder weniger in der Südostrichtung fließen, den Hauptanteil. Schweden verfügt nicht über Erdöl- oder Kohlenvorräte in einem Ausmaß, das unter normalen Verhältnissen von Bedeutung sein könnte. Treibstoff läßt sich aus dem Torf nicht wirtschaftlich gewinnen. Das ist die Grundlage für die bestehende Gestaltung des schwedischen Leitungsnetzes.

In den ersten zwei Jahrzehnten dieses Jahrhunderts wurden in verschiedenen Teilen des Staatsgebietes Kraftwerke errichtet, die die anschließenden Bezirke versorgten. Diese Errichtung wurde in den zwanziger und dreißiger Jahren fortgesetzt und es wurden dann die verschiedenen Lastzentren im Süden untereinander verbunden. Mitte der dreißiger Jahre wurde die erste 220-kV-Verbindung zwischen den Gebieten des Nordens und des Südens in Dienst gestellt. Die Belastung erfuhr eine jährliche Steigerung von 6,5% und als die östlichen Kraftquellen Südschwedens voll ausgenutzt waren, war man gezwungen, die Wasserkraft des Nordens in einem sich stetig steigernden Ausmaße heranzuziehen und die dort gewonnene Energie nach Südschweden zu leiten. In den ersten Phasen dieser Entwicklung waren die Wasserkräfte des südlichsten Teiles Nordschwedens bereits ausgenutzt, doch im Laufe der

stations were located further and further north. The development of the 220 kV transmission system continued during the 1940s and in 1952 the first 380 kV

Zeit wurden Kraftwerke in immer nördlicher verlaufenden Breitegraden errichtet. Der Ausbau der 220-kV-Übertragung wurde in den vierziger Jahren fortgesetzt und es wurde bereits 1952 der Bau der ersten 380-kV-Übertragungsleitung behördlich bewilligt. 1960 wurden etwa 3 000 MW über eine mittlere Entfernung von etwa 600 km übertragen; es ist zu gewärtigen, daß binnen zwanzig Jahren die fortzuleitende Leistung die Höhe von 8 000 bis 10 000 MW erreichen und daß sich die Übertragungsentfernung auf 800 bis 1 000 km erhöhen wird.

Um die Übertragung wirtschaftlich zu tätigen, mußte eine Hochspannung angewandt werden, die Probleme der Koronaverluste und der Rundfunkstörungen aufwarf. Darüber hinaus mußte von jedem Leitungssystem eine hohe Übertragungsleistung gefordert werden, die zu starken, schwer zu handhabenden Leitern führen mußte. Bei der pro System geforderten hohen Übertragungsleistung wurde das Stabilitätsproblem von besonderer Bedeutung, besonders im Anfangsstadium der Errichtung der neuen Hochspannungsanlagen, in welchem Stadium nur eine oder sehr wenig Leitungen in Betrieb waren. Bei den sich ergebenden Stabilitätsbedingungen mußte angestrebt werden, die Reaktanz des Übertragungssystems möglichst niedrig zu halten. Eine in allen Belangen günstige Lösung war die Verwendung des Bündelleiters, für den die Arbeiten von MARKT und MENGELE das Interesse erweckten. Die erste 380-kV-Leitung wurde mit Zweierbündeln ausgestattet und derzeit stehen 3 150 km 380-kV-Leitungen mit Zweierbündeln in Betrieb (s. Abb. 1), während weitere 1 090 km Zweier- und 910 km Dreierbündelleitungen geplant wurden oder errichtet werden. Abb. 2 zeigt eine unserer 380-kV-Leitungen der gebräuchlichsten Ausführung. Etwa 950 km 220-kV-Leitungen und 43 km 130-kV-Leitungen sind mit Zweierbündeln ausgestattet.

I. Das elektrische Verhalten

A. Korona- und Rundfunkstörungen

Erreicht der Spannungsgradient an der Leiteroberfläche einer Übertragungsleitung einen bestimmten Wert, so treten die Korona benannten Entladungen in der Luft auf und verursachen Verluste und Rundfunkstörungen im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich. Das wirksamste Mittel zur Herabsetzung des Gradienten besteht in der Vergrößerung des Querschnittes, entweder durch das Verlegen eines starken Leiters pro Phase oder wirksamer durch das Aufteilen des Querschnittes auf mehrere Teilleiter. Wird nun ein Leiter pro Phase verlegt, so hat der Gradient auf der Leiteroberfläche annähernd den gleichen Wert; wird der gleiche Querschnitt auf eine Anzahl paralleler Leiter aufgeteilt, so schwankt der

Wert des Gradienten auf den Leiteroberflächen, wobei sein Höchstwert kleiner als auf dem Einleiter und der Mittelwert wesentlich niedriger als der des Einleiters ist.

The Swedish 400 kV and 220 kV network 1960

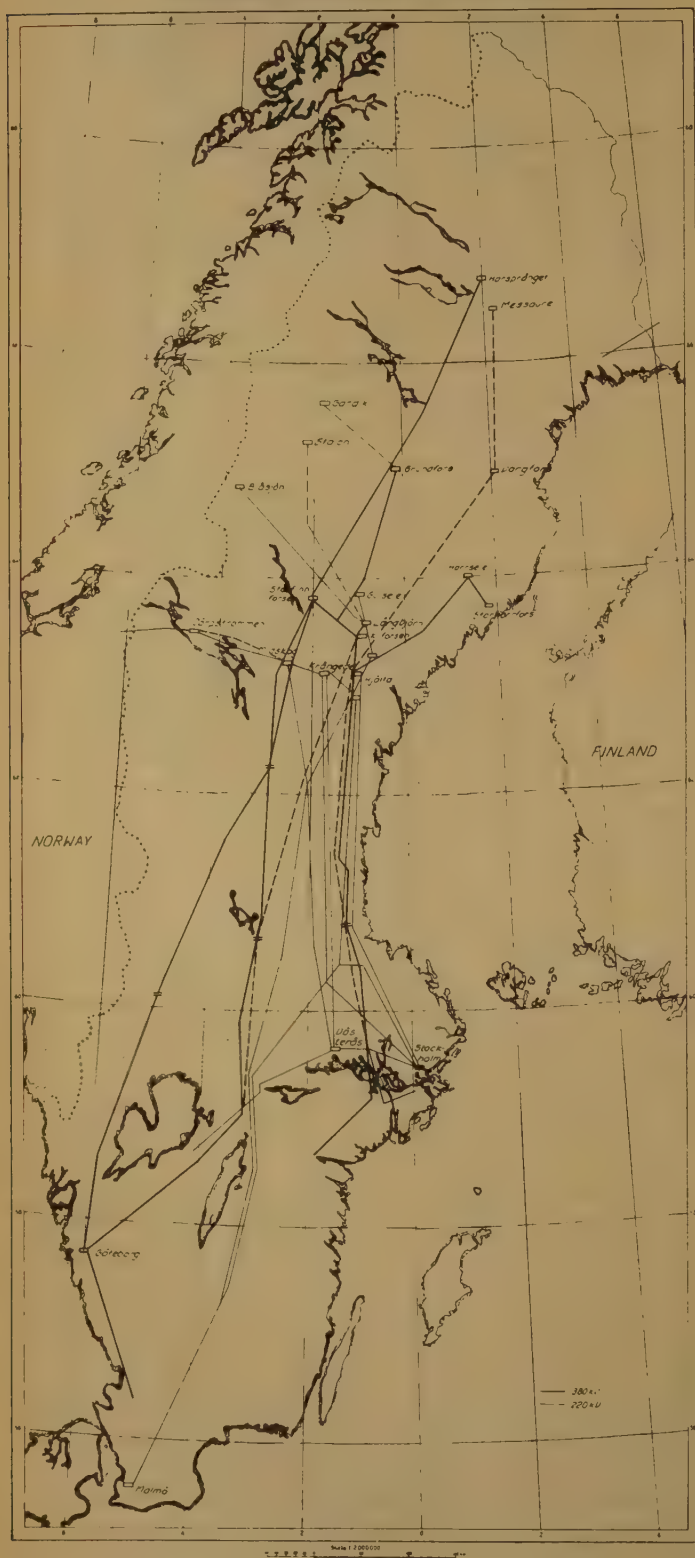


Fig. 1. The Swedish 380 kV and 220 kV network in 1960. The broken lines show circuits under construction

— 380 kV — 220 kV

transmission line was commissioned. During the year 1960 approximately 3 000 MW was transported over an average distance of about 600 km; it is anticipated that within 20 years the demand for transmitted energy will have risen to 8 000—10 000 MW while the transmission distance will have increased to 800—1 000 km.

To carry out the transmission economically a high voltage was required, which raised corona loss and radio interference problems. Furthermore, a high transmission capacity per line was necessary which could have resulted in heavy conductors difficult to handle. Due to the large capacity per line the problem of stability was of considerable importance, particularly during the initial stages of the new high voltage system when only one or a very few lines were in service. In view of the stability requirements it was desirable to keep the reactance of the transmission system as low as possible. A technical solution, favourable in all these respects, was the employment of bundled conductors, interest in which had been aroused from articles by Markt and Mengele. The first 380 kV line was constructed with twin conductors and at the present time there are 3 150 km of 380 kV line in service with twin conductors, see fig. 1. while a further 1 090 km with twin conductors and 910 km with three conductors per phase have been projected or are under construction. Fig. 2 illustrates one of our 380 kV lines of the most recent design. Some 950 km of 220 kV lines and 43 km of 130 kV lines are equipped with twin conductors.

I. Electrical Viewpoints

A. Corona losses and radio interference

When the voltage gradient at the conductor surface of a power line is sufficiently high, discharges known as corona take place in the air which give rise to losses and may cause radio interference in long-, medium- and short-wave reception. The most effective method of reducing the gradient consists in increasing the line cross-section, either by adopting a heavy conductor per phase, or still more efficiently by distributing this cross-section amongst a number of conductors. When only one conductor is used per phase the gradient will be approximately constant around the surface of the conductor; if the same cross-section is divided amongst a number of parallel conductors, the gradient will be variable around the conductor surface, the maximum value at the surfaces will be less than for a single conductor and the mean value around the conductor will be appreciably less than in the case of a single conductor. Alterations in the height of the line and the phase spacing have less influence on the magnitude of the gradient.

When designing the Swedish 380 kV network the idea of employing a single expanded conductor per phase was considered. It was feared however, that this type of conductor with its filling of soft material which we had not tested, might cause mechanical troubles.



Fig. 2. Modern Swedish 380 kV transmission line with twin-conductors and stayed type of tower

Änderungen des Bodenabstandes und des Phasenabstandes üben wenig Einfluß auf die Größe des Gradienten aus.

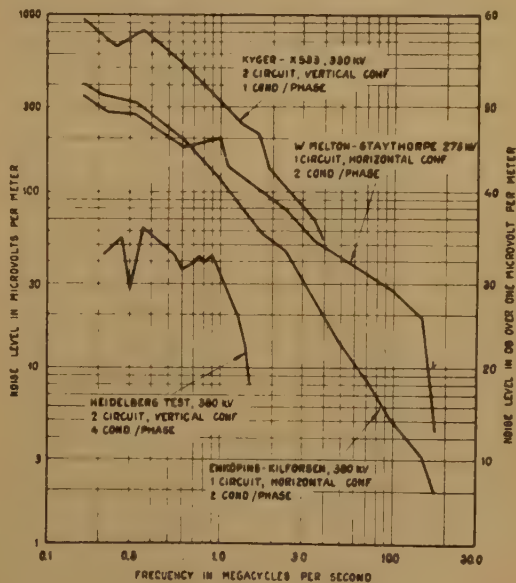


Fig. 3. Comparison of radio interference from extra-high voltage lines

Als die Errichtung des schwedischen 380-kV-Netzes in Vorschlag gebracht wurde, wurde an das Zuspinnen von je einem Leiter pro Phase gedacht. Es bestanden Bedenken, daß diese Leiterart durch ihren Kern aus weichem Stoff, dessen Verhalten unbekannt war, mecha-

Since, moreover, the reduction in the installation costs, compared with those when using bundled conductors, was relatively small, our investigations were directed towards finding a suitable bundle arrangement using standard steel-aluminium conductors in order to avail ourselves of the great technical advantages of this form of construction.

The introduction at a somewhat later date of series capacitors in the lines permitted a considerable increase in the capacity transmitted per line without loss of stability. It was then found favourable from an economic viewpoint to go up to very heavy line loads, which rendered expanded conductors uneconomic to employ due to the resistive losses.

The corona losses in single conductors and twin conductors were studied on a test line at Uppsala, both with 454 and 593 mm² ACSR. The reduction in the corona and load losses by changing from $2 \times 454 \text{ mm}^2$ to $2 \times 593 \text{ mm}^2$ would have more than compensated the increased installation costs; from the outset for the southernmost of the first two line sections, and after a few years service with increasing load for the northern section. On this account, amongst other reasons, two 593 mm² conductors per phase was chosen for our 380 kV lines. The results obtained at Uppsala were confirmed to some extent by later measurements on the lines under service conditions. In order to increase our knowledge concerning the corona losses new measurements have been carried out recently on a test span at the Chalmers University of Technology in Gothenburg. An interim report in this connection will be published shortly. The measurements include amongst other things a comparison between arrangements with two and three 593 mm² conductors per phase respectively. In fine weather the difference is not very great: 0.5 and 0.35 kW/km three-phase at 400 kV. On the other hand, under conditions of rain the difference is of the order of 6 kW/km three-phase, the three conductor arrangement having such a low annual mean value that the corona losses become practically insignificant at 400 kV.

The Uppsala investigation also dealt with radio interference, the purpose being to produce a line arrangement which was approximately equivalent to the existing 220 kV lines as regards radio interference. It was found that $2 \times 593 \text{ mm}^2$ would give a somewhat higher noise level than the existing 220 kV lines, but not so high as to be unacceptable. This has also been confirmed by later experience, in which the 380 kV lines only gave rise to a moderate number of complaints. One cause that has largely contributed to the disturbances has been that the broadcast signal field strength has been very low in certain sparsely populated parts of the country. The problem has been solved in practice by the Board of Telecommunication arranging to distribute broadcasts through the telephone network in areas where low field strengths occur. In certain cases in the early stages Swedish radio programmes were also transmitted using the 380 kV lines as an antenna. In this way the signal-noise ratio was raised to acceptable values. The FM (ultra-short wave) network has now been extended so that reception free from interference is assured. A comparison undertaken by American Electric Power Co between the noise

nische Störungen auslösen könnte. Als sich jedoch die Minderkosten der Montage gegenüber gebündelten Leitern als relativ gering erwiesen, waren unsere Bemühungen auf den Entwurf einer geeigneten Bündelleiterausführung mit genormten Stahlaluminiumleitern gerichtet, um die großen technischen Vorteile dieser Bauart ausnützen zu können.

Das für einen späteren Zeitpunkt beabsichtigte Zuschalten von Serienkondensatoren ließ eine bedeutende Steigerung der übertragbaren Leistung pro System ohne Minderung der Stabilität zu. Es erwies sich vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus als günstig, die Leitungen hoch zu belasten, so daß sich wegen der Ohm'schen Verluste die starken Leiter als unwirtschaftlich erwiesen.

Die Koronaverluste der Einleiter und des Zweierbündels wurden in Versuchsstrecken in Uppsala, beide mit 454 und 593 mm² ACSR bestückt, ermittelt. Die Verminderung der Korona- und der Leistungsverluste beim Übergang von 2×454 auf $2 \times 593 \text{ mm}^2$ hätte die hohen Errichtungskosten der ersten zwei Leitungsstrecken im südlichsten Teil von Anfang an und, nach einige Jahren währendem Betrieb mit gesteigerter Last, die der nördlichen Teilstrecke ausgeglichen. Bei dieser Lage und aus weiteren Gründen wurden für unsere 380-kV-Leitungen zwei 593 mm²-Leiter pro Phase verwendet. Das in Uppsala erzielte Ergebnis wurde weitgehend durch spätere Messungen an betriebenen Leitungen bestätigt. Um die Erkenntnis über die Koronaverluste zu erweitern, wurden zusätzlich Messungen durchgeführt, kürzlich an einem Versuchsspannfeld der Chalmers University of Technology in Gothenburg. Ein Vorbericht hierüber wird demnächst erscheinen. Diese Messungen schließen u. a. einen Vergleich zwischen der Anordnung von Zweier- und Dreierbündeln 593 mm² ein. Bei schönem Wetter ist der Unterschied nicht besonders groß: 0,5 und 0,35 kW/km Drehstromleitung 400 kV. Andererseits ist der Unterschied bei Regen größenordnungsmäßig 6 kW/km Drehstromleitung, wobei das Dreierbündel einen derart niedrigen Jahresmittelwert hat, daß die Koronaverluste bei 400 kV praktisch vernachlässigbar sind.

Die in Uppsala durchgeführten Untersuchungen schlossen auch die Rundfunkstörungen ein; angestrebt wurde der Entwurf einer Anordnung, die sich bezüglich der Rundfunkstörungen ähnlich verhält, wie die bestehenden 220-kV-Leitungen. Es zeigte sich, daß das Zweierbündel $2 \times 593 \text{ mm}^2$ wohl einen etwas höheren Störpegel als die bestehenden 220-kV-Leitungen ergibt, das er aber nicht untragbar ist. Die späteren Erfahrungen bestätigten dies, indem die drei 380-kV-Leitungen nur wenige Beschwerden auslösten. Eine Ursache trug weitgehend zu den Störungen bei: in einigen schwach besiedelten Teilen des Landes war die Feldstärke der Ausstrahlung sehr schwach. Der Board of Telecommunication löste das Problem dahingehend, daß die Ausstrahlung in Gebieten mit schwacher Feldstärke über das Telefonnetz erfolgte. Im Anfang wurden in Einzelfällen die schwedischen Rundfunksendungen solcher Art ausgestrahlt, daß die 380-kV-Leitungen als Antenne wirkten. Auf diese Weise wurden Störungen in nur tragbarer Stärke ausgelöst. Das UKW-Netz wurde inzwischen so weit ausgebaut, daß ungestörter Empfang gesichert ist. Das Ergebnis des von der American Electric Power Co. angestellten Vergleichs zwischen dem

level in Swedish and other extra-high-tension lines is shown in fig. 3.

TV and ultra short wave radio interference which is caused not by corona, but by sparks due to intermittent contact might possibly occur more frequently with bundled conductors than with single conductors as the fittings for bundled conductors are necessarily of a more complicated nature and include more movable parts. Disturbances of this kind have only been observed in very few instances however, and are then found to be caused by the vibration dampers.

With regard to corona losses and radio interference we have formed the opinion, on the basis of our own experience and the study of foreign investigations, that for voltages exceeding 300 kV only bundled conductors should be employed. At 400 kV twin conductors can be used, whereas it appears to be more advantageous to install three conductors per phase at 500 kV and four conductors per phase at 700 kV.

B. Reactance

The division of the phase cross-section amongst a number of conductors results in a reduction of positive sequence reactance of the line, see fig. 4. For our lines the spacing of 450 mm between the twin conductors was chosen as a suitable compromise between the desire to obtain a low reactance and a high corona limit voltage. The reactance decreases with increased spacing while the corona threshold voltage has a relatively flat maximum between 250 and 500 mm.

With line lengths exceeding about 300 km the transmissible capacity is usually determined by steady-state and transient stability requirements, so that the power transmitted may easily lie below the optimum fixed by the resistive losses. In order to raise the stability limits, the reactance of the transmission system may be re-

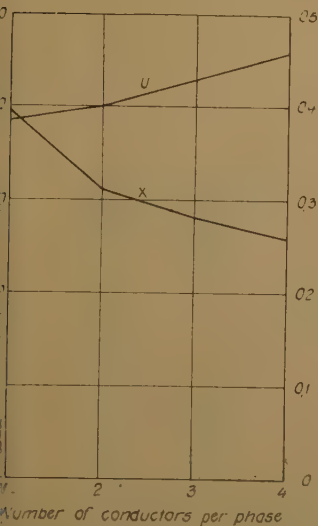


Fig. 4. Reactance and permissible operating voltage on single and bundle conductors with the same total cross-section corresponding to $2 \times 593 \text{ mm}^2$ ACSR

X reactance in ohm per phase and km.
U phase to phase operating voltage corresponding to a maximum voltage gradient of 15.8 kV RMS/cm.

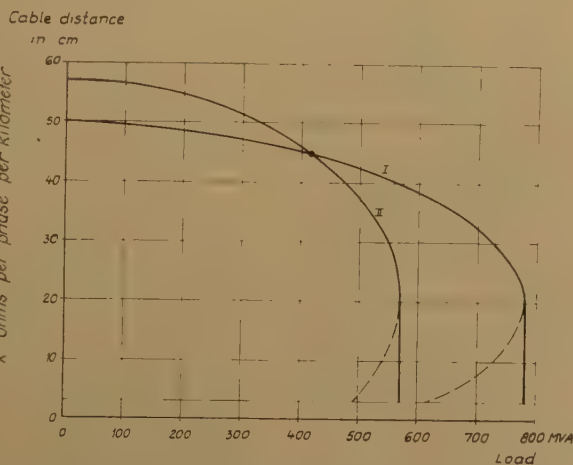


Fig. 5. Distance between the centres of the cables as a function of the load for a Swedish 380 kV line with twin conductors of $2 \times 593 \text{ mm}^2$ ACSR and a normal spacing between cables of 45 cm

I normal span of 330 m;
II maximum span of 550 m.

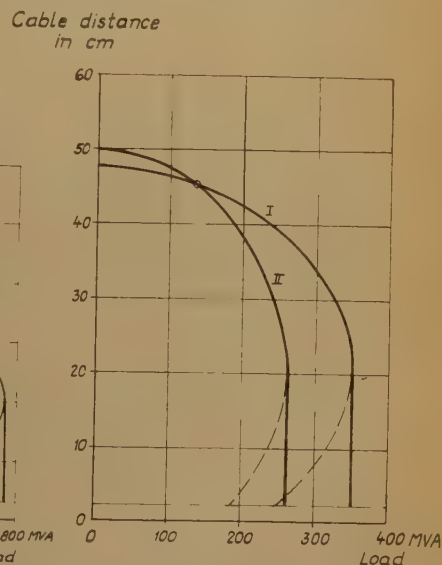


Fig. 6. Distance between the centres of the cables as function to the load for a Swedish 220 kV line with twin conductors of $2 \times 328 \text{ mm}^2$ ACSR and a normal spacing between cables of 45 cm

I normal span of 275 m;
II maximum span of 450 m.

Störpegel der schwedischen und anderer Höchstspannungsleitungen zeigt Abb. 3.

Störungen des Fernsehens und der UKW-Ausstrahlungen, die nicht durch die Korona, sondern durch Funken bei intermittierendem Kontakt verursacht werden, können wohl bei gebündelten Phasenleitern öfters als bei Einleitern auftreten, da im ersten Fall die Armaturen mannigfaltiger sind und mehr bewegliche Teile besitzen. Sie traten bisher sehr kurzzeitig auf und wurden durch Schwingungsdämpfer verursacht.

Bei Betrachtung der Koronaverluste und der Rundfunkstörungen und unter Berücksichtigung unserer eigenen Erfahrungen und der Untersuchungen im Ausland, gewannen wir die Überzeugung, daß bei Spannungswerten über 300 kV ausschließlich gebündelte Phasenleiter zu verwenden sind. Bei 400-kV-Übertragungen sind Zweierbündel zu verwenden. Zweckmäßig ist das Dreierbündel bei 500 kV und das Viererbündel in 700-kV-Netzen anzuordnen.

B. Reaktanz

Die Aufteilung des Phasenquerschnittes auf mehrere Teilleiter setzt die Mitimpedanz der Leitung herab (s. Abb. 4). Wir wählten den Teilleiterabstand von 450 mm beim Zweierbündel als zweckmäßiges Kompromiß zwischen Erzielung einer niedrigen Reaktanz und einer hohen Korona-Anfangsspannung. Die Reaktanz sinkt mit zunehmendem Teilleiterabstand, während die Koronaeinsatzspannung ein relativ flaches Maximum zwischen 250 und 500 mm besitzt.

Bei Leitungslängen über 300 km ist die übertragbare Leistung allgemein durch statische und transiente Stabilität bestimmt, so daß die Übertragungsleistung etwas unter dem durch die Ohm'schen Verluste bestimmten Optimum liegen kann. Um den Stabilitätsbereich zu erweitern, ist die Reaktanz des Übertragungs-

duced, which can be economically realised by using bundled conductors. For our 380 kV lines the introduction of twin conductors resulted in a reduction of the reactance by about 25% which permitted an increase in the transmission capacity of the order of 30%. Another cheap and technically favourable method for reducing the reactance consists in installing series capacitors. However the bundled conductors give an economically justifiable reduction of the reactance, notwithstanding the series capacitors, as is shown by the fact that two of our future 380 kV lines will be equipped with three conductors per phase. This step is economic although the difference in reactance between two and three conductors is minor compared with that between one and two conductors, and despite the fact that in any event series capacitors would ultimately be installed and these therefore influenced the economic comparison only marginally to the extent of earlier installation and increase of rating.

Some of the relatively long 220 kV lines were restrung with twin conductors shortly before the introduction of the 380 kV system, i. e. during a period of heavy strain on the transmission system. The increase in the cross-section of the existing lines by supplementing them with an additional conductor proved to be a flexible form of reinforcement, and at the same time the lower reactance raised the stability limit, which was most desirable at that time.

The relatively inexpensive addition of a further conductor was rendered possible by a modification of the Swedish power line standards since the original construction of the lines.

In the above case the use of bundled conductors was dictated by the fact that the transmission distance is considerable, so that the reduction of reactance could be utilized, permitting a higher stability limit and therefore an increased transmission capacity. In some cases, however, consideration of voltage drop and possible voltage variations under a strongly fluctuating reactive load may justify the employment of bundled conductors even for shorter distances. Another case in which the bundled conductors may be found economic particularly for short line lengths is in a comparison between a double line with single conductors and a single line with bundled conductors.

Lines with bundled conductors have a higher operating capacity than lines with single conductors of the same cross-section. This reduces the need for shunt capacitor rating and possibly also synchronous condenser rating, but it is counteracted by the fact that the need for shunt reactor rating may possibly increase.

C. Other electrical properties

Another favourable property of bundled conductors is that the increase in the capacitance between the conductors and the different elements of the insulator string tends to produce a more even voltage distribution along the string. Insofar as this leads to a decreased luminous discharge, the radio interference caused by the insulator strings will be reduced; furthermore

systems herabzusetzen, was wirtschaftlich durch die Bündelung der Phasenleiter zu erzielen ist. Die Einführung des Zweierbündels in unsere 380-kV-Leitungen ergab die Herabsetzung der Reaktanz um 25% und damit eine Erhöhung der Übertragungsleistung in der Größenordnung von 30%. Eine andere billige und technisch vorteilhafte Methode zur Herabsetzung der Reaktanz besteht in der Zuschaltung von Reihenkondensatoren. Daß der Bündelleiter wirtschaftlich vertretbar die Reaktanz herabsetzt, ungeachtet der Serienkondensatoren, beweist die Tatsache, daß zwei unserer zukünftigen 380-kV-Leitungen mit Dreierbündeln ausgerüstet werden. Diese Entscheidung ist wirtschaftlich begründet, obwohl der Unterschied der Reaktanz zwischen Zweier- und Dreierbündel gegenüber dem Unterschied beim Einleiter und dem Zweierbündel gering ist, ungeachtet der Möglichkeit, gegebenenfalls nachträglich Serienkondensatoren aufzustellen, die bei dem Umfang des früher getätigten Ausbaues und der Erweiterungen den wirtschaftlichen Vergleich nur am Rande beeinflusst.

Einige der relativ ausgedehnten 220-kV-Leitungen wurden kurz vor der Einführung der 380-kV-Spannung, also während der Ausführung anstrengender Leitungsbauarbeiten, auf Zweierbündelleitungen umgebaut. Die Querschnittsvergrößerung der bestehenden Leitungen durch ihre Ergänzung mit einem zusätzlichen Leiter war von einer Steigerung der Leistungsfähigkeit begleitet, gleichzeitig erfolgte durch die herabgesetzte Reaktanz eine damals besonders willkommen gewesene Erhöhung der Stabilitätsgrenze.

Das nur wenig kostspielige Hinzufügen eines Leiters erfolgte nach Änderung der seit Beginn des Baues von Leitungen benützten Normen für den schwedischen Leitungsbau.

Im vorstehenden Fall war die Verwendung gebündelter Phasenleiter durch die Tatsache bedingt, daß die Übertragungsentfernung groß ist, so daß die eine höhere Stabilität und Übertragungskapazität vermittelnde Reaktanz ausgenutzt werden konnte. In manchen Fällen vermag die Rücksichtnahme auf den Spannungsabfall und mögliche Spannungsschwankungen beim Pendeln der Blindlast die Verwendung des Bündelleiters auch bei kürzeren Entfernungen zu rechtfertigen. Der Bündelleiter erweist sich bei kurzer Übertragungsentfernung wirtschaftlich, wenn eine Doppelleitung mit Einleitern mit der gebündelten Einsystemleitung verglichen wird.

Leitungen mit gebündelten Phasenleitern erweisen sich im Betrieb als leistungsfähiger gegenüber den Leitungen mit Einleitern des gleichen Gesamtquerschnittes. Hiedurch wird das Erfordernis an Parallelkondensatoren herabgesetzt und wahrscheinlich auch an Synchronkondensatoren, wodurch sich der Nachteil ergeben kann, daß größere Parallelreaktanzen benötigt werden.

C. Weitere technische Eigenheiten

Eine weitere günstige Eigenheit des Bündelleiters ist die gesteigerte Kapazität zwischen Leiter und den Teilen der Isolatorenkette, die die Spannungsaufteilung entlang dieser glättet. Hiedurch vermindert sich die Lichtbogenbildung und die Rundfunkstörungen durch die Isolatorenkette; außerdem wird der Isolator langlebiger, denn die Zersetzung der Bolzen und die Zer-

the life of the insulators will be somewhat increased since the ozone generated by the luminous discharge may contribute to the corrosion of the insulator pins and consequently to the eventual destruction of the insulator element.

In service the bundled conductors within a phase act on one another through electric forces. Electromagnetic forces proportional to the square of the current attract the conductors to one another and electrostatic forces proportional to the square of the voltage drive the conductors apart. The position of the conductors has been calculated under different conditions and the results confirmed by tests at full voltage and current. Examples of these investigations are shown in figs. 5 and 6. At 380 kV it is not desirable that the distance between the conductors shall be less than 200 mm on account of corona. This requirement does not exist at 220 kV but the conductors should be protected against mechanical destruction due to their coming into contact with one another too frequently. Another demand is that the conductors should move apart again after making contact. To fulfil this requirement spacers must be employed.

II. Mechanical Viewpoints

When we were faced for the first time in 1946 with the task of building a line with twin conductors, it was found that no previous experience was available of lines with this conductor arrangement. As far as we were able to ascertain bundled conductors had not been used for power lines anywhere. Consequently we encountered a whole series of mechanical problems for which we had to find solutions.

A. Conductor location

The first question arising was whether the two conductors in the phases should be placed horizontally or vertically in relation to one another.

From an economic viewpoint it was found cheaper to choose a horizontal rather than a vertical arrange-

störung der Isolatorenelemente ist auf die Ozonbildung durch den Lichtbogen zurückzuführen.

Im Betrieb wirken die Teilleiter durch elektrische Kräfte aufeinander. Die dem Quadrat des Stromes proportionalen elektromagnetischen Kräfte ziehen die Teilleiter gegenseitig an und die dem Quadrat der Spannung proportionalen elektrostatischen Kräfte stoßen sie ab. Die Ermittlung der Lage der Leiter erfolgte unter verschiedenen Annahmen, sie wurde durch Versuche unter voller Spannung und mit Höchstströmen bestätigt. Beispiele dieser Versuche zeigen die Abb. 5 und 6. Bei 380 kV ist wegen der Korona ein kleinerer Abstand als 200 mm unzumutbar. Diese Forderung besteht nicht bei 220 kV, die Teilleiter sind jedoch gegen die mechanischen Schäden des oftmaligen Zusammenschlagens zu schützen. Eine weitere Forderung ist, daß sich die Leiter nach einer Berührung wieder trennen. Um diese Forderung zu erfüllen, sind Abstandhalter einzubauen.

II. Mechanisches Verhalten

Als wir 1946 erstmals vor der Aufgabe standen, eine Zweierbündelleitung zu errichten, lagen keine Erfahrungen mit solchen Leitungen vor. Es mußte festgestellt werden, daß nirgends solche elektrische Leitungen in Benutzung standen. Wir befanden uns daher vor vielen Problemen mechanischen Wesens, die zu lösen waren.

A. Anordnung der Leiter

Die erste Frage lautete, ob die zwei Teilleiter der Phase horizontal oder senkrecht anzuordnen sind.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt schien es billiger, die Leiter horizontal und nicht vertikal anzuordnen,



Fig. 7. Twin conductor spacer



Fig. 8. Carriage for installing spacers

ment as the height of the towers is less, and the saving thus obtained is not offset by the extra cost for a somewhat longer cross-arm.

In order to judge the matter from other viewpoints however, exhaustive investigations and experiments were necessary. In the course of these it was found that in strong winds the conductors may strike against one another when laid horizontally, so that a certain number of spacers must be employed. Moreover, it is possible that with a horizontal arrangement the conductors might become twisted around each other due to differing ice loads on the two conductors. Tests first carried on models and then to a full scale nevertheless showed that this risk was relatively small. Under practical operation of lines with twin conductors arranged horizontally it has since been found that this conclusion is substantially correct and that only in a very few instances were reports received of lines becoming twisted due to unbalanced ice loading. On the disappearance of the ice loads the conductors resumed their correct positions automatically.

With a vertical conductor arrangement it seemed probable that a varying ice load on the two conductors would cause them to strike together or drive them impermissibly far apart. Unbalanced ice loading on the two conductors may lead to unequal permanent stretching, so that they retain their incorrect spacing even after the ice load has been removed. With a horizontal arrangement, on the other hand, the spacing between the conductors only changes to an insignificant extent if one of the conductors sags more than the other one.

Our tests indicated that it would probably be necessary to employ far more spacers with a vertical than with a horizontal conductor arrangement.

We found that the vibrations in the conductors would probably damage the latter seriously at the fixing points for the spacers if a vertical conductor arrangement was chosen, due to the fact that certain vertical forces would be set up in the spacers. With a horizontal arrangement, on the other hand, the forces in the spacers are normally very small.

From an electrical viewpoint the choice between a horizontal or vertical arrangement is of little practical significance. A horizontal arrangement will, however, give a slightly higher reactance and a lower maximum gradient than the vertical location.

Mainly on account of the foregoing factors we decided to construct the lines with twin conductors arranged horizontally. A further advantage of this system is found in the fact that if it is subsequently necessary to extend the lines in the form of three conductors per phase the additional third conductor can be placed under the other two without its being necessary to move the latter, and the three conductors can form an equilateral triangle with 450 mm sides and points projecting downwards which is probably the most suitable conductor arrangement with this form of construction. In one case where an old 220 kV line was later extended by the addition of a second conductor per phase it was necessary to choose a vertical conductor arrangement. This was permissible partly owing to the fact that the mechanical requirements were reduced by a revision of the Swedish power line standards and also

denn die niedrigen Maste erzielen eine Ersparnis, welcher die Mehrkosten für den etwas längeren Querarm nicht gegenübergestellt werden können.

Um diese Frage auch von anderen Gesichtspunkten aus zu beurteilen, waren erschöpfende Forschungen und Versuche notwendig, bei deren Durchführung festgestellt wurde, daß bei großer Windstärke die horizontal angeordneten Leiter zusammenschlagen, so daß eine gewisse Anzahl Abstandhalter vorgesehen werden muß. Außerdem konnten sich die Teilleiter bei horizontaler Anordnung bei unterschiedlicher Eislast gegeneinander verdrehen. Versuche an Modellen und im Spannungsfeld bewiesen, daß diese Gefahr relativ gering ist. Die in Betrieb stehenden Zweierbündelleitungen in horizontaler Anordnung erwiesen die Richtigkeit dieser Folgerung und nur selten wurde beobachtet, daß sich die Leitungen infolge ungleicher Eislast verdrehen, bei deren Abfallen die richtige Lage wieder selbsttätig bezogen wurde.

Bei vertikaler Anordnung schien es möglich, daß unterschiedlicher Eisbehang das Berühren der Leiter oder einen unzulässigen Abstand voneinander verursachen könnte. Verschiedenheit der Eislast in den zwei Leitern kann zu ungleichem Dehnen führen, so daß der ungewöhnliche Abstand auch nach dem Abfallen der Eishülle fortbesteht. Bei horizontaler Anordnung andererseits ändert sich der Leiterabstand nur unbedeutend, wenn einer der Leiter stärker als der andere durchhängt.

Die Versuche bewiesen, daß die senkrechte Anordnung wesentlich mehr Abstandhalter erfordert als die horizontale.

Wir fanden, daß das Schwingen der Leiter diese an den Ansatzpunkten der Abstandhalter bei senkrechter Anordnung stark gefährden, da die Abstandhalter gewisse lotrechte Kräfte aufzunehmen haben. Andererseits ist die Beanspruchung der Abstandhalter bei horizontaler Anordnung gewöhnlich sehr gering.

Vom elektrischen Standpunkt aus ist die Wahl zwischen horizontaler und senkrechter Anordnung von geringer praktischer Bedeutung. Die horizontale Anordnung ergibt eine wenig höhere Reaktanz und einen geringeren maximalen Gradienten als die senkrechte Anordnung.

Nach dem Vorhergesagten entschieden wir uns für das Zweierbündel in horizontaler Anordnung. Ein weiterer Vorteil dieser Ausführung besteht darin, daß bei Übergang auf Dreierbündel der zusätzliche dritte Leiter unter die vorhandenen zwei Leiter gesetzt werden kann, ohne sie entfernen zu müssen. Es kann ein gleichseitiges Dreieck von 450 mm Seitenlänge in aufrechter, somit in der günstigsten Lage des Dreierbündels gebildet werden. In einem Falle des Umbaus einer bestehenden 220-kV-Leitung durch das Hinzufügen eines zweiten Leiters pro Phase mußte die senkrechte Anordnung der Leiter getroffen werden. Es schien dies zulässig einerseits durch die Herabsetzung der mechanischen Beanspruchung nach Änderung der schwedischen Freileitungsnormen, andererseits wurde der Erdabstand nach Übergang von der Erdung mittels Petersenspule auf direkte Nullpunktterdung herabgesetzt.

because the minimum allowable distance to earth was decreased in conjunction with the direct earthing of the neutral point instead of Petersen coil earthing as was formerly the case.

B. Spacers

In order to study the need for spacers for twin conductors arranged horizontally investigations were undertaken on test spans 460, 300 and 200 m in length. In the course of the tests, in addition to recording the wind strengths, the number of clashes between the conductors were also noted and their mutual distance apart with varying distances between the spacers.

In order to adhere to the conditions at 380 kV mentioned previously, namely, that the conductors must not approach closer to one another than 200 mm, the spacers must be placed at a maximum distance apart of 130 m. This is considerably shorter than the distance required with respect to the electrical forces. With the distance of 130 m between the spacers the conductors can separate after a possible clash as shown in fig. 5, even when the electrical load is very high.

The requirements for spacers on the 220 kV lines were also determined in test spans. As already stated, the demands are lower at 220 kV and individual clashes between the conductors can be permitted under heavier wind squalls. A maximum distance between the spacers of 170 m was found suitable, and this distance is also less than is necessary with regard to the electrical forces, so that the two conductors can move apart even under a high electrical load.

The spacers used for twin conductors are illustrated in fig. 7. The clamps are constructed of silumin while the cross-arms and other parts are of galvanized steel. To permit longitudinal movement the spacers are provided with joints at both ends of the cross-arms. The spacers are rigid in a vertical direction, since tests have shown that movements in a transverse direction can be taken up by torsion in the conductors without damage to the latter. The spacers are mounted after the conductors have been installed. For this purpose a carriage consisting of steel tubing is employed which is suspended from the parallel conductors by two pairs of wheels, as in fig. 8. The line man can move the carriage by hand in the desired direction along the conductors and also from one span to an adjoining one.

C. Wind and ice loads

It was realized from the outset that the wind load on the two twin conductors could not be reduced by allowing one of them to shield the other or intercept the current of air around it at least. Actually, in windy weather the two conductors no longer lie in a horizontal position. Tests undertaken also showed that it was necessary to assume that the two conductors were exposed to the full load of the wind. This is accompanied by an increase in the stresses on the towers and insulator strings compared with the same cross-section in the form of a single conductor. According to the Swedish standards the wind load on the conductors is normally taken as 25 kg/m^2 calculated on the projected surface. In particularly exposed regions this stress is assumed to increase up to about 50%.

B. Abstandhalter

Erprobt wurde der Einfluß der Entfernung zwischen den Abstandhaltern in Versuchsspannfeldern von 460, 300 und 200 m Länge. Bei diesen Versuchen wurden die Windstärke, Anzahl der Zusammenschläge der Teilleiter, ihr gegenseitiger Abstand, neben den jeweils eingestellten Distanzen der Abstandhalter festgehalten.

Um die vorgeschilderten Voraussetzungen für die 380-kV-Leitung zu erfüllen, u. zw. daß sich die Teilleiter nur bis 200 mm nähern dürfen, muß der Abstand der Distanzhalter untereinander max. 130 m betragen. Dieser Wert liegt unter dem, den die elektrischen Kräfte vorschreiben; bei 130 m Entfernung der Abstandhalter trennen sich die Teilleiter nach dem Zusammenschlagen auch bei großer übertragener Leistung, wie Abb. 5 zeigt.

Auch für die 220-kV-Spannung wurde der Abstand der Distanzhalter in Versuchsspannfeldern festgelegt. Es zeigte sich, daß hier leichter erfüllbare Anforderungen bestehen und daß das Zusammenschlagen der Leiter bei stärkeren Windstößen zugelassen werden darf; die maximale Entfernung der Abstandhalter kann mit 170 m festgesetzt werden, welcher Abstand geringer ist als der durch die elektrischen Kräfte geforderte, so daß sich die zwei Leiter voneinander auch bei einer hohen elektrischen Last trennen können.

Die Abstandhalter des Zweierbündels zeigt Abb. 7. Die Klemmen werden aus Silumin hergestellt, das Kreuz und die sonstigen Teile aus verzinktem Stahl. Um Längsbewegungen zuzulassen, sind die Abstandhalter mit Gelenken an beiden Enden des Kreuzes ausgestattet. Die Abstandhalter sind in der vertikalen Richtung starr, da die Versuche zeigten, daß Transversalbewegungen durch die Drehung der Leiter aufgenommen werden können, ohne sie zu gefährden. Die Abstandhalter werden nach der Montage der Leiter angebracht. Hierzu dient ein Montagewagen aus Stahlrohren, der mittels zweier Radpaare an den parallelen Leitern hängt (Abb. 8). Der Bedienungsmann kann ihn von Hand aus nach beiden Richtungen in Bewegung setzen und von einem Spannfeld in das andere übergehen.

C. Wind- und Eislast

Es galt von Anfang an, daß der Windruck auf die zwei Leiter in voller Höhe einzusetzen ist, da sich die Leiter nicht gegenseitig schützen oder den Windstoß auffangen. Tatsächlich stehen die zwei Leiter bei Windeinwirkung nicht in horizontaler Lage. Auch die Versuche führten zur Berechnung mit voller Windstärke. Hieraus ergeben sich größere Beanspruchungen der Maste und der Isolatorenketten gegenüber dem Summenquerschnitt im Einleiter. Nach den schwedischen Vorschriften ist der Wind mit 25 kg pro Quadratmeter Projektionsfläche einzusetzen. In gefährdeten Gegenden ist die Windlast um 50% zu erhöhen.

In consequence of the ice load the stresses on the towers and insulator strings will also be greater with bundled conductors than for single conductors with the same cross-section. With a uniformly distributed ice loading combined with wind it is assumed that the thickness of the ice coating will be 18 mm irrespective of the conductors diameter (and density 0.9). The ice load under calm conditions is assumed to be of the same order of magnitude as the resultant additional load of the wind in combination with ice except in districts where experience has shown that a heavy ice load may occur under calm conditions. Finally, the local ice load without wind is normally taken as 1 kg/m irrespective of its diameter, but higher values are assumed for certain districts in northern Sweden, especially on exposed mountains. With an ice load under calm conditions and with a local ice load the height of the conductors above the ground must not be less than a distance, depending upon the voltage $= 4 + 0.007 (U - 55)$, where U is the operating voltage in kV. The heaviest loading conditions for the towers are produced by a normal ice load with simultaneous wind. The heaviest loading conditions for the cross-arms are produced by an ice load without wind but with the simultaneous disappearance on one side of 30% of the tensile force in a conductor.

The conditions described above lead to an increase in the installation costs for bundled conductors compared with an arrangement with single conductors; this increase is due to the towers, the foundations and insulator strings and to some small extent to the conductors. Examples of these are given in Table 1.

Die Beanspruchung der Maste und Isolatorenketten durch Eis ist somit beim Bündelleiter größer als beim Einleiter des gleichen Querschnittes. Bei gleichmäßig verteilter Eislast und Wind ist mit einer Eishülle von 18 mm Stärke, unabhängig vom Leiterdurchmesser, und 0,9 spez. Dichte zu rechnen. Unter milden Bedingungen ist die Eishülle wie vor anzunehmen als resultierende Zusatzlast aus Wind und Eis, ausgenommen in den Gebieten, in welchen erfahrungsgemäß auch unter milden Voraussetzungen schwere Eisbildung auftritt. Schließlich wird örtlich die Eislast ohne Wind mit 1 kg/m unabhängig vom Durchmesser angenommen, in einigen Gebieten Nordschwedens sind höhere Werte zugrunde zu legen, ausgenommen in exponierten Gebirgsgebieten. Bei der Eislast unter milden Voraussetzungen und bei der örtlichen Eislast muß der Bodenabstand nicht geringer sein als der spannungsabhängige Wert $4 + 0,007 (U - 55)$, hierbei ist U die Betriebsspannung in kV. Die strengsten Belastungsverhältnisse der Maste ergeben die normale Eislast bei gleichzeitiger Windbelastung, die der Querarme die Eislast ohne Windbelastung beim gleichzeitigen einseitigen Entfall von 30% der Zugspannung in einem Leiter.

Die vorbeschriebenen Bedingungen ergaben eine Steigerung der Aufstellungskosten der Bündelleiter im Vergleich zum Einleiter, diese Steigerung ist auf die Maste, Fundamente und Isolatorenketten und nur in geringem Maße auf die Leiter zurückzuführen. Beispiele hierfür liefert Tabelle 1.

Table 1 (Tabelle 1). Relative construction costs per km for transmission lines (Kostenvergleich)

Voltage (Spannung)	220 kV	220 kV	380 kV	380 kV
Cable cross-section (Leiterquerschnitt)	592 mm ²	2×328 mm ²	908 mm ²	2×592 mm ²²
Foundations (Fundamente)	21.7	23.5	16.7	19.4
Towers (Maste)	27.7	31.4	23.6	29.4
Cables (Leiter)	24.2	27.9	27.3	35.9
Insulators (Isolatoren)	5.5	6.2	7.1	8.2
Miscellaneous (Diverse)	9.6	9.6	13.3	13.4
Administration and Management etc. (Bauleitung)	11.3	12.4	12.0	13.7
Total cost per km % (Gesamtkosten je km)	100	111	100	120
Relation between 220 and 380 kV (Verhältnis zwischen 220 und 380 kV)	100		135	

On one occasion the first 380 kV line was exposed to a heavy ice load before it was placed in service on some spans located at a high altitude and on others over marshy ground; this occurred in January 1951. The maximum ice load on a phase conductor was about 14 kg/m and about 4.5 kg/m on an earth wire. The ice load produced an extremely low sag and caused torsion and twisting of the phase conductors, but no permanent damage resulted in any of the line components. Following these occurrences cooperation was established with the Swedish meteorological authorities who sent out warnings when the weather conditions were of such a nature as to involve a risk of ice formation. The line sections which according to experience were most exposed were then kept under regular inspection. Amongst all the lines with twin conductors only this first section has been subjected to ice loads of any

In einem Falle war die erste 380-kV-Leitung vor der Inbetriebsetzung in einigen hochgelegenen Spannungsfeldern schwerem Eis ausgesetzt, einige Spannungsfelder befanden sich im Sumpfgebiet (Jänner 1951). Die größte Eislast eines Phasenleiters betrug 14 kg/m bzw. 4,5 kg am Erdseil. Die Eislast verursachte schwaches Durchhängen, Torsion und Verdrehen der Phasenleiter ohne dauernde Gefährdung eines Teiles der Anlage. Nach diesem Vorfall wurde Föhrung mit den schwedischen Dienststellen für Meteorologie aufgenommen, worauf ein Warndienst bei Neigung zu besonderer Eisbildung eingeführt wurde. Die Strecken, die erfahrungsgemäß gefährdet waren, wurden einer regelmäßigen Überwachung unterzogen. Von allen Zweierbündelstrecken war nur diese erste Strecke besonderer Eislast ausgesetzt und nur ein bestimmter Bereich dieser Leitung ist besonders eisgefährdet. Die verfügbaren Auf-

significance, and only a certain section of this line is specially exposed to them. According to the available statistics a risk of serious ice loads occurs for a period of a few weeks during three of ten years. Twisting of the conductors up to 180° occurred on some few occasions. In particularly exposed districts the number of spacers has been increased and in some positions an extra tower was erected. When an ice warning is sent out the line is patrolled and if ice is formed it is removed while the line is in service with the help of an insulating polyethylene wire which is drawn along the conductors. Before the introduction of twin conductors it was feared that the ice load might cause trouble, but experience has shown that ice loads of any significance occur very rarely, and then in positions where their occurrence may be foreseen, and any problems arising can be dealt with by adopting suitable measures.

No additional difficulties under service conditions due to wind have ever been experienced.

One case occurred in which an incorrectly constructed conductor joint broke down in one of the two twin conductors. This resulted in the deformation of the spacers nearest to the joint, but there was no further damage. The spacers in the span with the broken joint and in the two adjoining spans were exchanged.

Summary

Bundled conductors have found an extensive use in the Swedish high voltage network. Here the advantages associated with this type of conductors are utilized to the full.

In long-distance transmission the transmission reactance is reduced in relation to the reactance obtained when using single conductors. In this way an increased transmission capacity is secured.

In a high voltage system a lower voltage gradient is obtained at the conductor surface and therefore reduced corona losses and less radio interference. The more even voltage distribution obtained along the insulator strings has the same effect.

In a choice between the use of a certain total conductor cross-section in a double line with single conductors or a single line with bundled conductors, the latter alternative will be appreciable cheaper and will occupy less space. It is chosen therefore insofar as the transmissions reactance and operating reliability permit.

Sufficient experience is now available for assessing the costs of lines with different conductor arrangements. The extra costs for installing bundled conductors, particularly for long-distance transmission at high voltages, are so low that they are less than the savings that can be effected with this type of conductor by a reduction of the reactance and the corona losses.

The experience gained from the Swedish network shows that under the climatic conditions prevailing in our country the operating reliability when employing bundled conductors is fully comparable with that obtainable with single conductors.

In all probability therefore bundled conductors will be used also in the future on an extensive scale in Sweden.

zeichnungen bewiesen, daß besondere Eisgefährdung nur während einiger Wochen binnen drei Jahren pro Dekade auftritt. Das Verdrehen der Leiter bis 180° kam wiederholt vor. In besonders gefährdeten Gegenden wurde die Zahl der Abstandhalter erhöht und an besonderen Stellen Sondermaste errichtet. Bei Eisalarm wird die Leitung begangen und bei gebildetem Eisansatz werden die Leiter im Betrieb mit Hilfe eines Drahtes aus Isoliermaterial (Polyäthylen), der entlang des Leiters fortbewegt wird, geschüttelt. Vor der Einführung des Zweierbündels wurde befürchtet, daß die Eislast Störungen verursachen wird. Die Erfahrung lehrte jedoch, daß sich nur sehr selten Eishüllen von Bedeutung bilden und diese auch nur in Gegenden, die den Eisansatz voraussehen lassen und daß die daraus erwachsenden Aufgaben mit geeigneten Mitteln gelöst werden können.

Es wurden keine zusätzlichen, durch den Wind verursachten Schwierigkeiten im Betrieb wahrgenommen.

In einem Fall brach ein schlechter Verbinder eines Teilleiters des Zweierbündels. Es ergab sich die Deformierung des nächstgelegenen Abstandhalters, ohne eine Gefährdung zu verursachen. Die Abstandhalter dieses Spannungsfeldes und der anschließenden zwei Spannungsfelder wurden ausgetauscht.

Zusammenfassung

Der Bündelleiter wird im schwedischen Hochspannungsnetz viel angewendet. Es werden hier seine Vorteile voll ausgenützt.

Bei der Übertragung auf große Entfernungen wird die Reaktanz gegenüber der des Einleiters herabgesetzt. Es wird eine erhöhte Übertragungsleistung erreicht.

Im Hochspannungsnetz wird ein geringerer Spannungsgradient an der Leiteroberfläche erzielt und dadurch die Koronaverluste und die Rundfunkstörungen herabgesetzt. Die gleichmäßige Spannungsverteilung an der Isolatorenkette hat die gleiche Wirkung.

Bei der Wahl zwischen der Unterbringung eines bestimmten Gesamtquerschnittes in einer Doppelleitung mit Einleitern und einer Einsystemleitung mit gebündelten Leitern erweist sich die zweite Lösung als fühlbar billiger und raumsparender. Auf sie ist zu greifen, soweit es die Übertragungsreaktanz der Betriebssicherheit gestattet.

Es liegen ausreichende Erfahrungen vor, um die Kosten der verschiedenen Leitungsbauarbeiten zu vergleichen. Die Mehrkosten des Bündelleiters besonders bei großer Übertragungsentfernung und Spannung sind sehr gering und kleiner als die Ersparnisse, die bei dieser Leitungsbauart durch die Herabsetzung der Reaktanz und der Koronaverluste erzielt wird.

Das Netz Schwedens erbrachte den Beweis, daß bei den dortigen klimatischen Gegebenheiten die Betriebssicherheit des Bündelleiters hinter der des Einleiters nicht zurücksteht.

Aller Voraussicht nach wird in der Zukunft der Bündelleiter in Schweden in ausgiebigerem Maße angewandt werden.

Bündelleitungen im österreichischen Höchstspannungsnetz

Von Direktor Dipl.-Ing. A. KOTHBAUER und Dipl.-Ing. W. KRAUTT, Verbundgesellschaft, Wien

Mit 9 Textabbildungen

DK 621.315.145 (436)

I. Allgemeines

Das im Ausbau befindliche österreichische 220/380-kV-Netz umfaßte Ende 1960 Höchstspannungsleitungen mit einer Gesamtlänge von 1 109 km. Hievon gehören 144 km zum Bereich der Vorarlberger Illwerke AG., während die übrigen 965 km im Eigentum der Verbundgesellschaft stehen.

In einem auf den Kraftwerksausbau bzw. den steigenden Leistungsbedarf abgestimmten Leitungsbauprogramm soll dieses Netz bis Ende 1963 um weitere 488 km — d. s. 44% — erweitert werden. Dazu kommt in diesem Zeitabschnitt noch die Zuspaltung von 71 km zweites Drehstromsystem auf bereits bestehende 220-kV-Leitungen. Dieses beschleunigt durchgeführte Bauprogramm umfaßt Projekte in sieben Bundesländern und übertrifft noch die Leitungsbauten in den Jahren 1958/59¹.

Nach dem zur Zeit vorliegenden Ausbauprogramm sollen bis 1970 weitere 225 km 220-kV-Leitungen gebaut werden und auf 450 km bestehende 220-kV-Leitungen das zweite Drehstromsystem aufgelegt werden.

Der Ausbau des österreichischen Höchstspannungsnetzes nach 1970 ist noch schwer zu überblicken. Bereits baureife Projekte liegen derzeit nur für die 220-kV-Doppelleitung Obersielach—Lienz (rund 170 km) und die 380-kV-Leitung Westtirol—Bürs mit 91 km vor. Welche Lösung für den Abtransport der Leistung aus den künftigen Donaukraftwerken gefunden wird bzw. in welchem Umfang 380-kV-Leitungen für den internationalen Energieaustausch auf österreichischem Gebiet erstellt werden, muß der Zukunft überlassen bleiben.

II. Die Entwicklung des Bündelleiters

Freileitungen mit Betriebsspannungen über 220 kV werden heute zum Großteil mit Bündelleitern ausgeführt. Auch bei 220-kV-Leitungsanlagen zieht man häufig den Mehrfachleiter dem Einzelseil vor. Nachstehende Ausführungen befassen sich mit der Frage, inwieweit in Österreich, dem Lande, das zur Entwicklung des Bündelleiters maßgeblich beigetragen hat, Bündelleitungen zur Anwendung kommen.

Zunächst sei ein kurzer Rückblick auf die Entstehungsgeschichte des Bündelleiters gestattet. Die Aufteilung eines Phasenseiles auf mehrere Teilleiter geht bis auf das Jahr 1909 (P. Thomas) zurück und die ersten amerikanischen Patentschriften für Bündelleiter stammen aus den Jahren 1910 (J. B. Whitehead) und 1911 (G. Faccioli). In der österreichischen Patentschrift

Nr. 121 704 wurden unter dem Titel „Elektrische Leitung mit Bündelleitern“ erstmalig von MARKT und MENGELE die Zusammenhänge zwischen Teilleiterabstand und Teilleiterdurchmesser einerseits, sowie Wellenwiderstand und natürlicher Leistung andererseits erfaßt. Die heute als klassisch zu bezeichnenden Veröffentlichungen der beiden Erfinder stammen aus den Jahren 1932 („Drehstromfernübertragung mit Bündelleitern“) und 1935 („Die wirtschaftliche Bemessung von Bündelleitern“).

In Deutschland wurden bereits im zweiten Weltkrieg ernstzunehmende Untersuchungen über die praktische Eignung des Bündelleiters durchgeführt. Auch das übrige Ausland, soweit es vor die Aufgabe gestellt wurde, große Energiemengen über große Entfernungen zu transportieren, befaßte sich mit Ausnahme von Amerika schon bald mit den Problemen des Bündelleiters. Die Wahl zwischen Bündelleiter und Hohlseil wurde bei Höchstspannungsübertragungen aus wirtschaftlichen und technischen Gründen bald eindeutig zu Gunsten des ersteren entschieden².

Einen guten Überblick über die zunehmende Verwendung des Bündelleiters geben die im Rahmen des CIGRE-Studien-Komitees Nr. 9 („Höchstspannungsübertragung mit Wechselstrom“) jedes zweite Jahr gesammelten Angaben über neu erstellte Hochspannungsleitungen mit 225 kV Betriebsspannung und darüber.

Tabelle 1

Jahr	Gemeldete Leitungen	Davon Bündelleitungen	
	Stk.	Stk.	%
1952	16 (3)	9 (0)	56 (0)
1957	26 (4)	17 (1)	65 (25)
1959	25 (1)	18 (1)	72 (100)

(Klammerwerte für USA und Kanada)

Während ursprünglich der Bündelleiter sein Entstehen den mit steigender Betriebsspannung zunehmenden Coranaverlusten und Rundfunkstörungen verdankte, traten später auch seine wirtschaftlichen Vorteile in den Vordergrund. Bei den in Österreich üblichen Ausführungen von 220-kV-Leitungen ergeben sich z. B. folgende Werte:

Tabelle 2

Beseilung	Natürliche Leistung	Thermische Leistung	Kosten/km
	MW	MW	ö. S
2 × 3 × Stalu 340/110	260 (100%)	520 (100%)	ca. 980 000,— (100%)
2 × 3 × 2 × Stalu 240/40	320 (123%)	808 (155%)	ca. 1 150 000,— (117%)

In Deutschland und anderen Ländern durchgeführte Versuche ergaben bald, daß der Bündelleiter auch mechanisch dem Einzelleiter keinesfalls unterlegen ist. Wenn auch die Ansichten über Aneisung, Windbelastung und Ausschwingwinkel teilweise noch nicht übereinstimmen, so steht fest, daß das sogenannte „Zusammenwachsen“ der Teilleiter bei starker Aneisung noch kaum beobachtet wurde, daß im Gegenteil die Aneisung der Teilleiter auf Grund ihrer Fixierung durch die Feldabstandhalter geringer als bei gleichwertigen Einzelleitern ist. Versuche auf der Hornsgrinde mit querschnittsgleichen Einfach- und Mehrfachleitern haben ergeben, daß letztere sich auch hinsichtlich der Windbelastung günstiger als Einzelleiter verhalten³.

Heute sind jedenfalls Hochspannungsleitungen mit 380 kV und darüber ohne Bündelleiter kaum noch denkbar. Auch am amerikanischen Kontinent setzt sich der Mehrfachleiter immer mehr durch.

III. Bündelleiterversuche in Österreich

Auch in Österreich befaßte sich die Industrie und Energiewirtschaft schon frühzeitig mit den Problemen des Bündelleiters. Angeregt durch die theoretischen Untersuchungen von Markt und Mengele wurden an verschiedenen Stellen Leitungsstücke mit Mehrfachleitern ausgestattet, um Erfahrungen bei der Montage und im Betrieb zu sammeln. Ein Versuch mit einfachsten Mitteln wurde bereits 1939 im Raume Horn (N.Ö.) durchgeführt, wo anlässlich eines 60-kV-Leitungsbaues ein kurzes Versuchsbündel hinsichtlich Eis- und Windbelastung beobachtet wurde.

1941 wurden im Rahmen der Voruntersuchungen für die großen Leitungsbauvorhaben im Zweiten Weltkrieg⁴ auf der freien Seite der einsystemig belegten 110-kV-Leitung Hütte Linz—Donawitz bei Eisenerz zwei Versuchsbündel montiert. Es wurden dabei verlegt: 1 200 m Dreifachbündel aus einem Stahl-Aldreyseil 120 mm² und zwei Aldreyseilen 95 mm² mit 300 mm Teilleiterabstand sowie 1 200 m Vierfachbündel aus vier Aldreyseilen je 95 mm² mit 400 mm Teilleiterabstand (Abb. 1). Erst nach zehn Jahren wurden diese Versuchseile anlässlich der Auflegung des zweiten Drehstromsystems abgenommen. Die eingebauten Armaturen verschiedener Ausführung haben sich gut bewährt.

Ebenfalls 1941 wurde bei Stuben am Arlberg ein 800 m langes Vierseilbündel an Holzmasten montiert. Hier konnte das Verhalten eines Bündelleiters besonders unter Schnee- und Eislast gut beobachtet werden.

Schließlich wurde 1952 die fast 2 km lange Bündelleiterstrecke bei Koblach (Vorarlberg) in Betrieb genommen⁵. Auf der seit 1929 bestehenden 220-kV-Leitung Bürs—Herbertingen, die eine der ältesten 220-kV-Leitungen Europas darstellt, mußte durch die Inbetriebnahme eines Steinbruches in der Nähe von Koblach ein größeres Leitungsstück verlegt werden. Für die Umlegungsstrecke wurde ein Projekt mit modernen Masten, die in ihren Abmessungen für 380-kV-Betrieb mit Vierfachbündelleitern dimensioniert waren, verwirklicht. Allerdings wurden vorläufig nur sechs Dreifachbündel mit 23,1 mm starken Stahlaluminiumseilen montiert, während auf der alten Strecke die Belegung mit vier Kupferhohlseilen und zwei Stahlaluminiumseilen, beide mit 42 mm Durchmesser, verblieb. Entscheidend für die

Ausrüstung dieses Teilstückes mit Bündelleitern war aber nicht allein die verlockende Möglichkeit einer in Betrieb befindlichen Beobachtungsstrecke, sondern auch die wirtschaftlichen Vorteile dieser Ausführungsart, die sich trotz der Auslegung für 380-kV-Betrieb deutlich zeigten.

Wenn auch die Planung von Bündelleitern in Österreich von den wertvollen Erkenntnissen ausländischer Versuchsstationen Gebrauch macht⁶, so ist die Bedeu-



Abb. 1. Versuchsbündel auf der 110-kV-Leitung Hütte Linz—Donawitz (Ernsthofen—Hessenberg) bei Eisenerz

tung der österreichischen Bündelleiterversuche besonders in bezug auf das mechanische Verhalten unter den in unserem Lande gegebenen klimatischen Verhältnissen nicht zu unterschätzen.

IV. Österreichische Bündelleitungen

A. Bestehende Anlagen

Wenn man von der letzterwähnten Bündelleiterstrecke bei Koblach absieht, wurden die ersten österreichischen Bündelleitungen erst in den Jahren 1956 und 1957 erbaut. Im Zuge der Kraftwerksbauten der Vorarlberger Illwerke AG. ergab sich in diesem Zeitabschnitt die Notwendigkeit, neue Leitungsanlagen zu erstellen⁷. Z. B. mußte vom neuerbauten Pumpspeicherwerk Lünensee im Montafon die günstigste Leitungsverbindung zum Umspannwerk Bürs bei Bludenz gefunden werden.

Wenn auch die zu überwindende Strecke nur etwa 10 km betrug, so erschien besonders vom betrieblichen Standpunkt aus die Erstellung einer Zweifachbündel-



Abb. 2. Österreichisches 220-kV- und 380-kV-Netz

leitung als die beste Lösung. Man wählte als Beseilung Stahlaluminiumseile 1:4 mit einem Durchmesser von 21 mm. Durch die Ausstattung dieser Übertragungsleitung mit Bündelleitern war eine besonders hohe Sicherheit sowohl für den Turbinen- als auch für den Pumpenbetrieb gegeben.

Gleichzeitig wurde das Projekt einer zweiten leistungsstarken Verbindung zwischen Vorarlberg und dem deutschen Höchstspannungsnetz realisiert. Vom Umspannwerk Bürs wurde eine 65 km lange 220/380-kV-Leitung bis zur Staatsgrenze bei Hinterhub gebaut, die sich in Bayern fortsetzt und im Umspannwerk Dellmensingen bei Ulm ihr Ende findet. Die Maste dieser Leitungsanlage sind für 380 kV dimensioniert, jedoch wird vorläufig nur mit 220 kV Betrieb geführt. Es wurden daher zunächst auch nur Zweifachseilbündel aufgelegt, die aus Stahlaluminiumseilen 1:4 mit einem Durchmesser von 23,1 mm bestehen. Bei Umstellung der Leitung auf 380 kV soll durch Zuspannung von je zwei weiteren Seilen und entsprechender Ergänzung der Isolation der Endausbauzustand hergestellt werden. Die natürliche Leistung dieser Übertragungsanlage wird dann 1 200 MW betragen.

B. Weitere Planungen von Bündelleitungen im österreichischen Verbundnetz

Auf Grund eingehender Untersuchungen sollen im österreichischen Verbundnetz im Rahmen des Ausbauprogrammes bis 1963 folgende Leitungsanlagen als Bündelleitungen erstellt werden (Abb. 2):

220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg . . .	37,7 km
220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller . . .	70,3 km
220/380-kV-Leitung Westtirol—Staatsgrenze (Marienberger Joch)	51,0 km

Hinzu kommt die dem Abtransport der Kaunertal-Energie dienende und von der Tiwag projektierte 220-kV-Leitung Prutz (Kaunertal)—Westtirol etwa 27,0 km.

Außerdem planen die Wiener Stadtwerke, Elektrizitätswerke eine 6 km lange 110-kV-Zweifachbündelleitung zwischen den Umspannwerken Wien Süd und Wien Südost.

Betrachtet man den Ausbauzustand Ende 1963, so ergibt sich folgendes Bild: Das österreichische 220/380-kV-Netz wird zu diesem Zeitpunkt Leitungen mit einer Gesamtlänge von 1 597 km umfassen (einschließlich Illwerke und Tiwag). Hievon entfallen 261 km auf Bündelleitungen, d. s. 16,3%. Dieser relativ geringe Anteil ist in erster Linie auf die im Durchschnitt kleinen Leitungslängen oder umgekehrt auf die große „Generatordichte“ zurückzuführen. Die wesentlich größere Häufigkeit von Bündelleitungen in großflächigen Verteilungsräumen mit großen Transportleistungen, wie z. B. in der Sowjetunion, liegt klar auf der Hand. In diesem Zusammenhang erscheint eine allerdings auf besonderen Voraussetzungen basierende Untersuchung der Herren CAHEN und DEJOU besonders interessant, in welcher festgestellt wird, daß hinsichtlich der Jahreskosten bis zu Transportleistungen von 400 MW der Einfachleiter mit dem Mehrfachleiter ohne weiteres wirtschaftlich konkurrieren kann⁸.

Inwieweit im späteren Netzausbau Bündelleitungen Verwendung finden werden, ist naturgemäß noch schwer zu übersehen. Die eingangs erwähnte 380-kV-Doppelleitung Westtirol—Bürs soll jedenfalls als Bündelleitung projektiert werden und in der Planung der Tiwag sind ebenfalls 220-kV-Leitungen mit Zweifachbündeln vorgesehen. Zweifellos werden künftige Höchstspannungsleitungen für den über die Grenzen gehenden Strom- austausch in steigendem Maße mit Betriebsspannungen von 380 kV und vielleicht darüber ausgebaut werden. Dies gilt besonders für das zu erwartende überlagerte europäische Verbundnetz. Nach dem heutigen Stand der Technik sind derartige Leitungen nur als Bündelleiterausführungen denkbar.

Als wichtige Verbindungsleitung zwischen Österreich und Deutschland ist die derzeit in Projektierung befindliche 220/380-kV-Leitung Westtirol—Staatsgrenze (Marienberger Joch) zu bezeichnen. Die aus verschiedenen Kraftwerken Österreichs in das Umspannwerk Westtirol bei Ötz geführte Energie soll über diese Leitungsanlage und ihre auf deutschem Boden zu erstellende Fortsetzung in das deutsche Verteilungsnetz transportiert werden. Grundlage dieser Energietransporte sind langjährige Verträge mit deutschen Partnern.

Die erste Trassenführung für diese Leitung wurde bereits vor mehreren Jahren festgelegt, im Gelände vermessen und vom Amt der Tiroler Landesregierung energiewirtschaftsrechtlich genehmigt. Allerdings ergab sich auf Grund der modernsten Erkenntnisse in der Projektierung von Höchstspannungsleitungen mit starrer Nullpunktserdung die Notwendigkeit, gewisse Trassenkorrekturen durchzuführen. Jedenfalls wird die Leitungsführung vom Boden des Inntales (UW Westtirol) auf den um etwa 650 m höher liegenden Simmering und weiter über das Marienberger Joch mit einer Seehöhe von rund 1 800 m sowohl die Projektanten als auch die Erbauer dieser Anlage vor schwierige Aufgaben stellen. Von der Höhe des Marienberger Joches soll die Leitung über Lermoos und Reutte das Flußbett des Lechs erreichen und hier österreichisches Gebiet verlassen.

Ähnlich wie bei der 220/380-kV-Leitung Bürs—Dellmensingen wird auch diese Anlage zunächst nur mit 220-kV-Spannung betrieben. Jedoch abweichend von der Ausführung der Leitung der Illwerke soll hier sofort der Endausbauzustand hergestellt werden, d. h. es werden die Vierfachbündel komplett montiert und auch die Isolation für 380 kV ausgelegt.

Wie bereits erwähnt, ist die Projektierung der 220/380-kV-Leitung Westtirol—Staatsgrenze (Marienberger Joch) noch nicht abgeschlossen. Fest steht lediglich, daß angepaßt an die Geländeverhältnisse in der Dimensionierung der Bauteile zwei Schwierigkeitszonen vorgesehen werden sollen. In der „Zone A“ mit einer Ausnahmeseilast von 4 kg/m je Teilleiter sollen Stahlaluminiumseile 240/40 verlegt werden, während in der „Zone B“ mit einer angenommenen Ausnahmeseilast von 6 kg/m Stahlaluminiumseile 257/60 montiert werden sollen. Nähere Einzelheiten über die Ausführung dieser ersten österreichischen Vierfachbündelleitung, mit deren Bau in der zweiten Hälfte 1962 begonnen und die bis Ende 1963 fertiggestellt werden soll, mögen späteren Berichten vorbehalten bleiben.

C. Die 220-kV-Bündelleitungen Wien Südost—Bisamberg und Kaprun—Zell am Ziller

Im Mai 1961 haben die Bauarbeiten an diesen beiden wichtigen Leitungen des österreichischen Verbundnetzes begonnen. Wenn auch in beiden Fällen die Entscheidung für eine Ausführung mit Zweifachbündelleitern gefällt wurde, so sind die Beweggründe, die Vorgeschichte und sonstigen Gegebenheiten so verschieden, daß ein vergleichender Bericht hierüber einen interessanten Einblick in allgemeine Bündelleiterprobleme geben kann.

Die Anspeisung der Großverbraucher im Raume Wien und Niederösterreich über eine leistungsstarke Leitungsverbindung vom Süden her stellt ein bereits weit zurückgehendes Projekt der Verbundgesellschaft dar. Varianten für die 220-kV-Verbindung des Umspannwerkes Hessenberg bei Leoben mit dem Umspannwerk Bisamberg bei Wien stammen bereits aus dem Jahre 1954. 1955 erfolgten die ersten Fühlungen mit den zuständigen Behörden, wobei sich schon damals die großen Schwierigkeiten im Raume Wien abzeichneten.

Inzwischen trat immer deutlicher die Notwendigkeit in den Vordergrund, die Energieversorgung des Südens von Wien durch ein neues Umspannwerk 220-kV-seitig zu stützen. Gemeinsam mit den Wiener Stadtwerken, Elektrizitätswerken, wurde am Johannes-

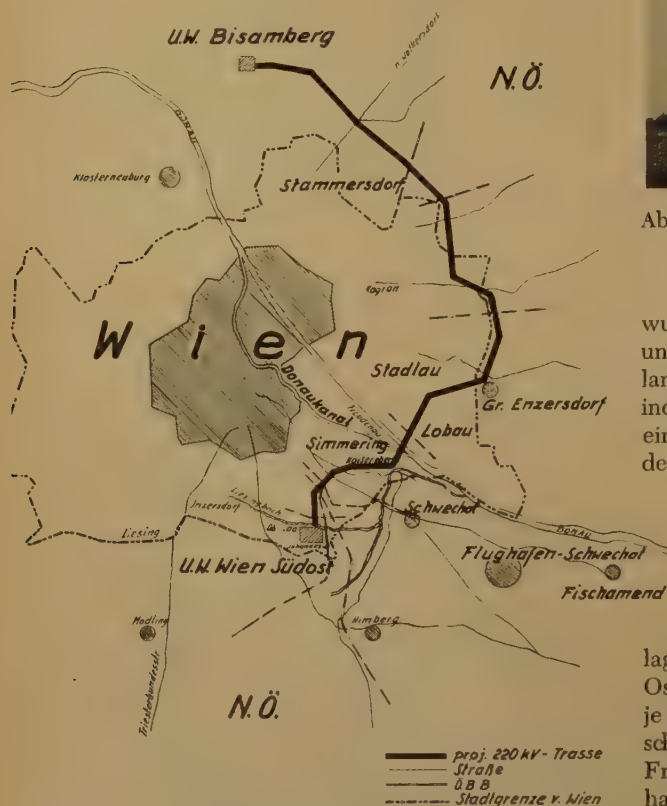


Abb. 3. Die 220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg

berg bei Wien ein Platz für dieses Werk gefunden und damit die ursprünglich geplante 220-kV-Leitung in die Teilstücke Hessenberg—Wien Südost und Wien Südost—Bisamberg aufgeteilt.

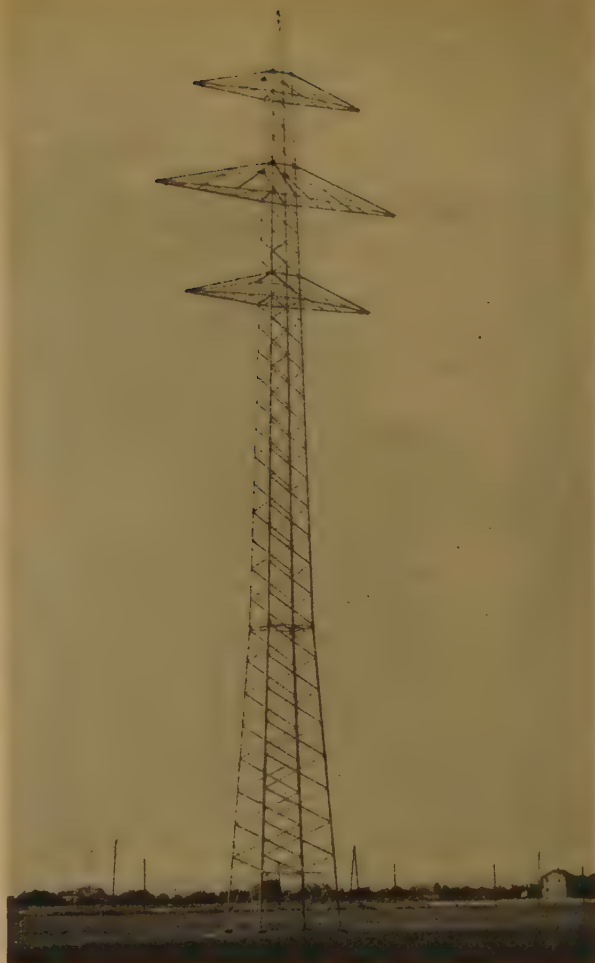


Abb. 4. Tragmast der 220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg

Gerade durch die Lage des neuen Umspannwerkes wurde es notwendig, die Stadt im Osten zu umgehen und dadurch einerseits dichtbesiedeltes, andererseits landwirtschaftlich intensiv genutztes, aber auch stark industrialisiertes Gebiet zu betreten. Hiezu kamen die einschneidenden Forderungen der Luftfahrt im Bereich des Flughafens Schwechat, aber auch im Bereich der damals geplanten Lufthäfen Deutsch-Wagram und Aspern sowie verschiedener Flugpeilanlagen. Auf der anderen Seite war eine Beeinflussung der großen Empfangsstation der Radio Austria AG. auf dem Laaerberg zu befürchten. Als schließlich zum Schutz der elektronisch gesteuerten Blindlandanlagen am Flughafen Schwechat, die ungefähr in Richtung Ost—West liegenden Einflugsektoren mit einer Länge von je 12 km nach beiden Seiten als Sperrzone erklärt wurden, schien die Ausführung des Leitungsprojektes ernstlich in Frage gestellt. Die ursprünglich für selbstverständlich gehaltene Leitungsführung östlich des Wiener Zentralfriedhofes war durch die Lage der 24 km langen Sperrzone jedenfalls unmöglich geworden. Nur aus dieser Zwangslage heraus konnten sich die verantwortlichen Projektanten entschließen, eine Trasse westlich des Zentralfriedhofes, d. h. durch stark besiedelte Gebiete von Simmering und Kaiserebersdorf, zu planen (Abb. 3). Daß dabei in Einzelfällen Baulichkeiten überspannt

werden mußten und mit Rundfunkstörungen zu rechnen war, stand fest. Dies galt aber nicht nur für den süd-östlichen Teil der Leitungstrasse, sondern auch für die übrigen Strecken, da sich nach den Projekten der Stadtplaner Wien in Zukunft nach dem Norden und Nord-osten entwickeln wird.

In dieser Situation war man sich darüber klar, daß bei der Projektierung von allen technischen Möglich-keiten zur Erhöhung der Sicherheit in der unmittel-baren Umgebung dieser Leitungsanlage Gebrauch ge-macht werden mußte. Wegen der wesentlich geringeren Störspannungen einer Bündelleitung und der dadurch stark herabgesetzten Rundfunkstörungen entschloß man sich zur Ausführung einer Zweifachbündelleitung, wobei

220-kV-Leitungen im Hinblick auf die dichte Besied-lung und die weitverbreiteten Beregnungsanlagen im Gebiet der Großgartenbetriebe der Mindestboden-abstand auf 10 m erhöht. Ebenso vergrößerte man die

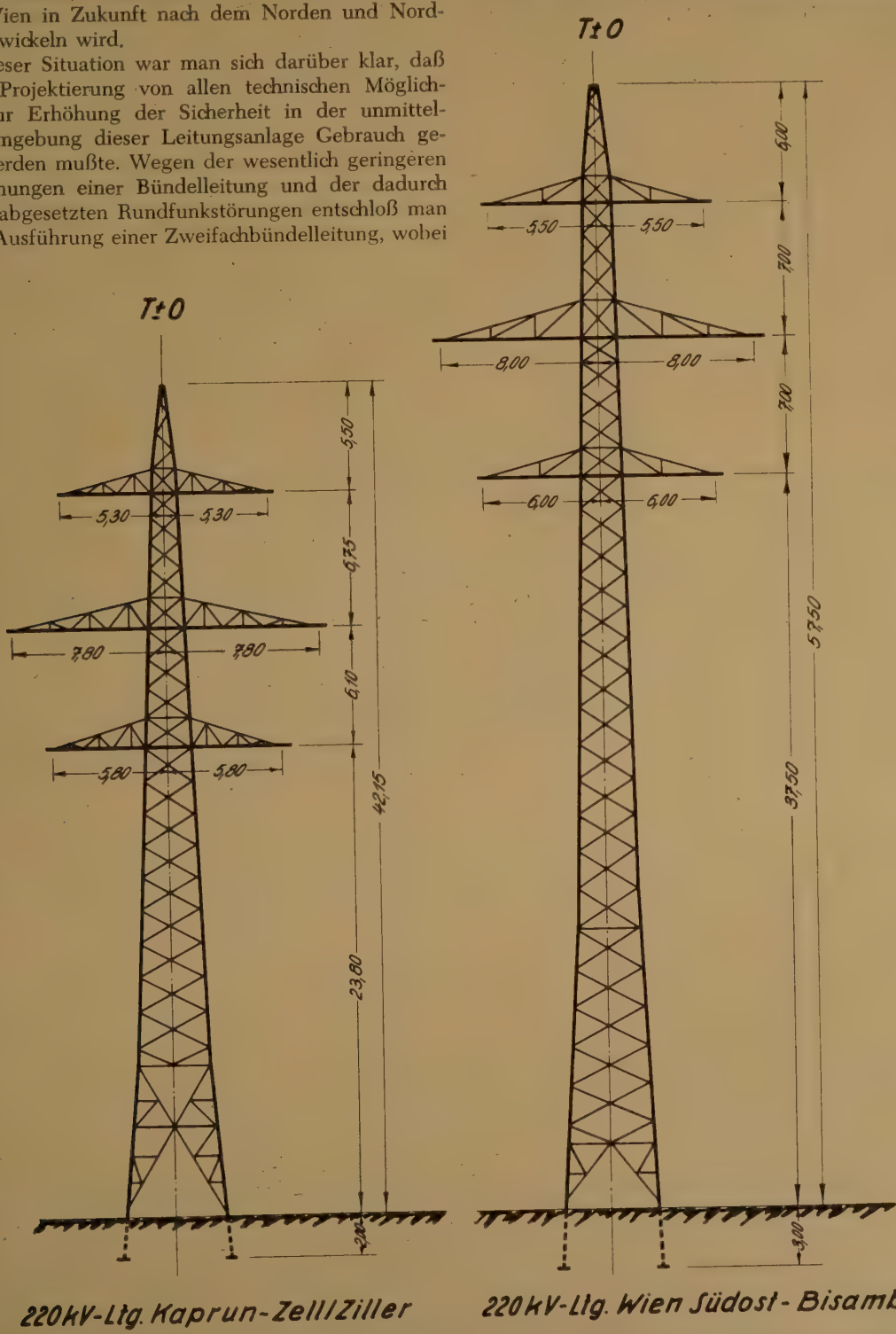


Abb. 5. Normale Tragmaste der 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller und der 220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg

natürlich die höhere Übertragungsfähigkeit der Leitungs-anlage zu diesem Entschluß wesentlich beitrug. Darüber-hinaus wurde abweichend von den bei der Verbundge-sellschaft üblichen 8 m Bodenabstand der Leiterseile bei

Regelspannweite von 330 m auf 450 m. Daraus resul-tierten naturgemäß besonders hohe Maste von 57 bis 69 m Höhe. Durch die Verwendung von Stählen höherer Festigkeit ist es jedoch gelungen, den Tragwerken dieser

Anlage eine schlanke und gefällige Form zu geben (Abb. 4). Wegen der besonderen Masthöhen wurden sowohl die Trag- als auch die Abspannmaste mit Betonfundamenten ausgestattet.

Eine völlig andere Vorgeschichte hat die zweite im Bau befindliche Bündelleitung. Die 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller ist ein Bestandteil der so-

Leitungsstrecke als Doppelleitung mit Zweifachbündelleitern Stahlaluminium 240/40 die technisch und wirtschaftlich beste Lösung darstellt.

Bei der Detailprojektierung der 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller stellte sich zunächst klar heraus, daß in der Dimensionierung der Bauteile für die Überquerung des Gerlosberges erhöhte Lastannahmen getroffen werden mußten. Obwohl auf diesem Leitungsabschnitt keine Höhen über 2 000 m überschritten werden, mußte mit höheren Zusatzlasten als auf der Talstrecke gerechnet werden. Schließlich wurde die Leitungsstrecke von Kaprun bis etwa in Höhe Wald im Pinzgau als „Talstrecke“, d. h. mit normalen Lastannahmen, und der Abschnitt Wald—Zell am Ziller als „Bergstrecke“ mit erhöhten Lastannahmen projektiert (s. Tab. 3).

Die in den Jahren 1959 und 1960 gemachten Erfahrungen bei Planung und Bau der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter kamen dabei den Projektanten sehr zustatten⁹. Soweit es die Bodenverhältnisse zuließen, konnten hier die Tragmaste der Talstrecke wie bei

den in den letzten Jahren errichteten Höchstspannungsleitungen der Verbundgesellschaft mit Stahlrostfundamenten ausgestattet werden. Die Gründung der Abspannmaste wurde wie üblich ausnahmslos mit Stahlbetonfundamenten durchgeführt. Da bei dieser Anlage nur eine Regelspannweite von 330 m angenommen wurde, ergaben sich die für österreichische Begriffe „normalen“

Masthöhen, d. h. wesentlich niedrigere Tragwerke als bei der 220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg (Abb. 5).

Die Isolation, die Beseilung und die Armaturenausrüstung wurde für diese beiden ersten Bündelleitungen der Verbundgesellschaft mit besonderer Sorgfalt ausgewählt und festgelegt.

Auf Grund der besonders zahlreichen Überkreuzungen mit Bahn- und Fernmeldeanlagen im Wiener Raum entschloß man sich, auf der 220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg alle Tragmaste mit Doppelhängeketten auszustatten. Alle Abspannungen erfolgten mit Dreifachabspannketten. Zuzufolge einer Ausnahmsgenehmigung der Behörden konnten auf dieser Leitungsanlage ausnahmslos Langstabisolatoren der Type L 75/12 v verwendet werden.

Auf der Talstrecke der 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller sprach nichts gegen die Montage von Einfachhängeketten, soweit nicht nach den Vorschriften Doppelhängeketten verwendet werden mußten. Auf der Bergstrecke allerdings wurden grundsätzlich Doppelhängeketten vorgesehen. Die Abspannungen erfolgten im Tal zum Teil mit Doppelketten, ansonsten — auf der Bergstrecke grundsätzlich — mit Dreifachketten.

Sehr eingehend wurde die Frage des horizontalen oder des vertikalen Bündels studiert. Durch die Ver-

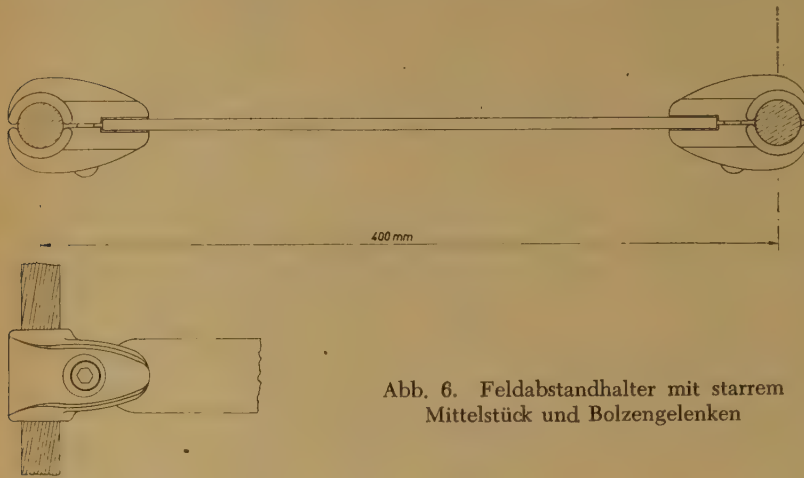


Abb. 6. Feldabstandhalter mit starrem Mittelstück und Bolzgelenken

nannten „Westschiene“, des von Kaprun über das künftige Umspannwerk Zell am Ziller über Jenbach und Innsbruck in das geplante Umspannwerk Westtirol bei Ötztal verlaufenden Leitungszuges, der seine vorläufige Fortsetzung in der bereits beschriebenen 220/380-kV-Leitung über das Marienberger Joch finden soll. Der Leitungszug von Kaprun bis in das Umspann-

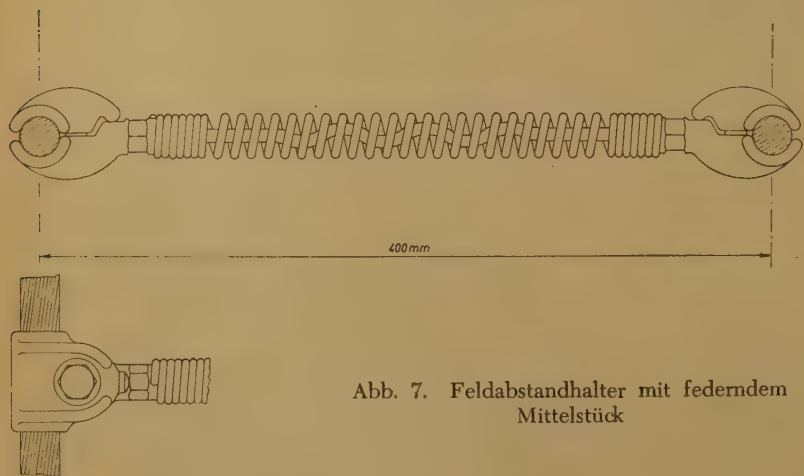


Abb. 7. Feldabstandhalter mit federndem Mittelstück

werk Westtirol war ursprünglich als Doppelleitung mit Einfachseilen Stahlaluminium 340/110 projektiert worden. Diese Ausführung entsprach den Ergebnissen eingehender Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Neue Überlegungen ergaben sich erst, als die Zemm-Werke in diese Untersuchungen miteinbezogen wurden. Betrachtet man das gesamte Leistungsangebot in Zell am Ziller einschließlich Zemm, Durchlaßboden und Gerlos, so ergeben sich 685 MW. Trotz der vorgesehenen Exporte loco UW Westtirol muß mit Transporten bis zu 400 MW von Zell am Ziller in Richtung Kaprun nach Ausbau der Zemm-Werke gerechnet werden. Neue Untersuchungen ergaben, daß die Ausführung dieser

wendung von Doppelhängeketten an allen Tragmasten war die Leitung im Raume Wien für das horizontale Bündel prädestiniert. Bei der Leitung Kaprun—Zell am Ziller dachte man zunächst an die Möglichkeit einer gewissen Labilität des Horizontalbündels an Einfachhängeketten. Eine von der Art der Aufhängung abgehende allgemeine Untersuchung ergab, daß eine waagrechte Anordnung der Teilleiter mehrere Vorteile mit sich bringt. Dies gilt sowohl hinsichtlich der vertikalen Auslegerabstände der Maste als auch im Hinblick auf das Verhalten unter Windeinfluß. Bekanntlich ermöglichen die Vorschriften der ÖVE-L 1 für den vom Bündel abgekehrten Teilleiter eine Reduktion des vollen Winddruckwertes um 20% (§ 16.03 c). Demnach wurden auch für die Leitung Kaprun—Zell am Ziller horizontale Leiterbündel vorgesehen. Bei den Einfachhängeketten wurde durch eine starre Verbindung zwischen Phase und Aufhängung ein Kippen oder Verdrehen des Bündels verhindert.

Als Teilleiterabstand wurden 400 mm gewählt. Dies entspricht nach verschiedenen Untersuchungen einem Optimum.

Im Zusammenhang mit der Auswahl der Feldabstandhalter war es notwendig, auch das Problem der

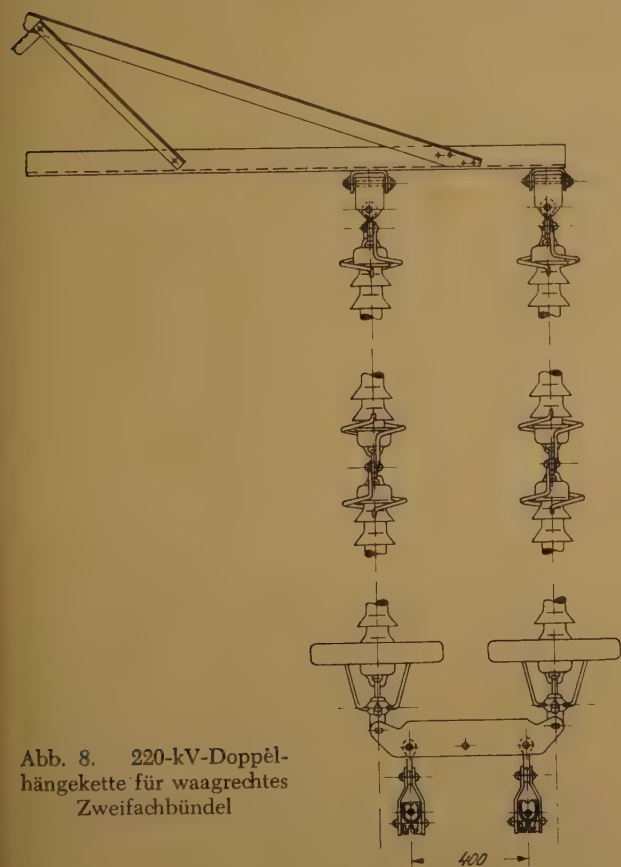


Abb. 8. 220-kV-Doppelhängekette für waagrechtes Zweifachbündel

Seilschwingungen zu behandeln. Bekanntlich spielt in Österreich dieses Problem auf Grund der geographischen und topographischen Gegebenheiten sowie auf Grund der gewählten Ausgangszugspannung der Seile eine untergeordnete Rolle. Außer den üblichen Anfragen bei den örtlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Postdienststellen über Erfahrungen mit Schnee- und

Eislasten wurden Erkundigungen über Windverhältnisse bzw. Schwingungsbrüche eingeholt. Bei der in West-Ost-Richtung zum größeren Teil im Tale projektierten 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller waren von Anfang an keine diesbezüglichen Schwierigkeiten zu er-

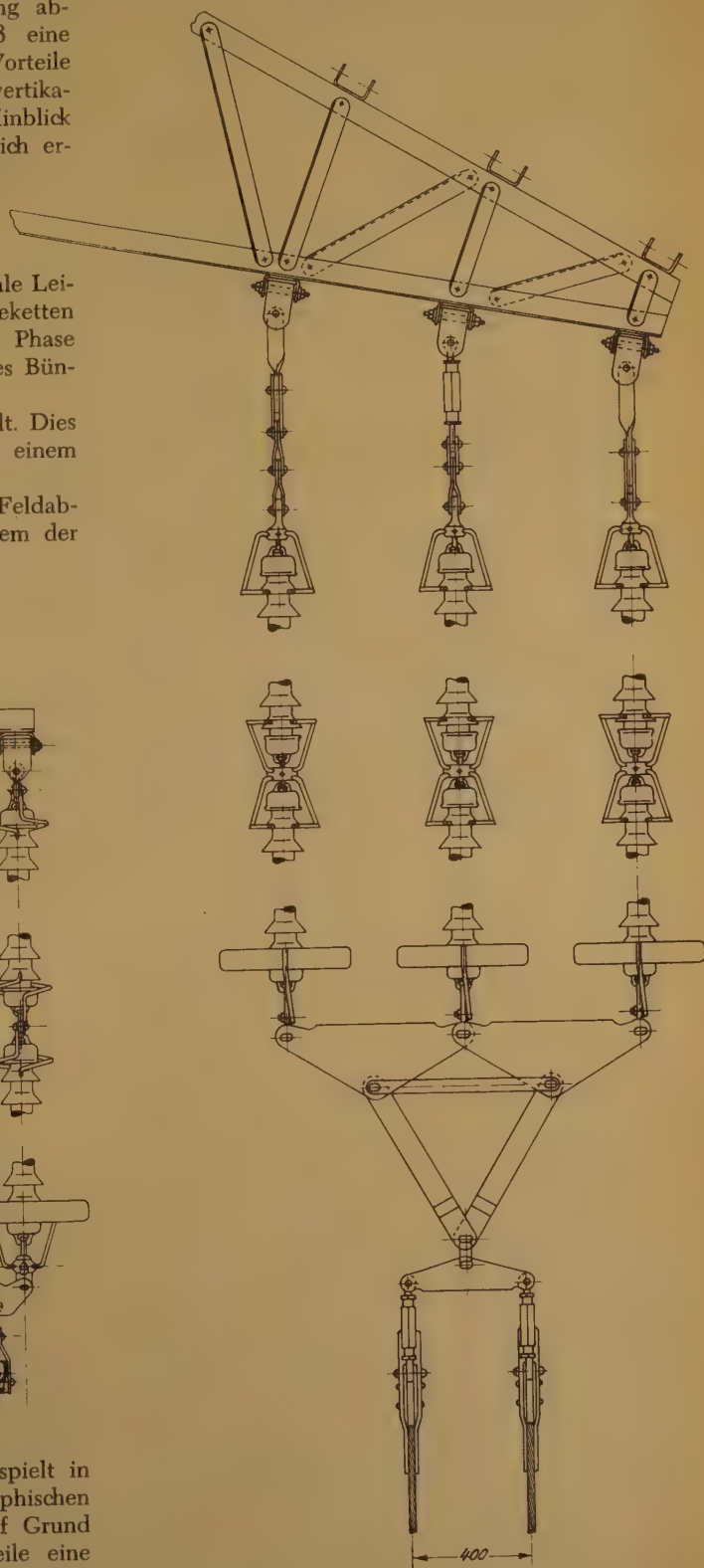


Abb. 9. 220-kV-Dreifachabspannkette für waagrechtes Zweifachbündel

Tabelle 3

		220-kV-Leitung Wien Südost — — Bisamberg	220-kV-Leitung Kaprun — Zell am Ziller		
			Talstrecke	Bergstrecke	Gesamt
Leitungslänge	km	37,700	41,170	29,120	70,290
Derzeit aufgelegte Drehstromsysteme		1	2	2	2
Regelspannweite	m	450	330	330	
Beseilung	Leiterseile	1 × 3 × 2 × Stalu 240/40	2 × 3 × 2 × Stalu 240/40	2 × 3 × 2 × Stahl- aldrey 240/40	—
	Erdseil	1 × Stalu 240/40	1 × Stalu 240/40	1 × Stahlaldrey 240/40	—
Ausgangszugspannung	kg/mm ²	7,0	7,5	9,0	—
Ausnahmeseilast	kg/m	3,34	3,34	4,8	—
Leiterseil (eingebaute Menge)	t	230	499,2	352,8	852,0
Erdseil (eingebaute Menge)	t	38	41,9	29,4	71,0
Maste	Tragmaste Stk.	71	112	62	174
	Abspannmaste Stk.	18	25	31	56
Mastgewicht	t	1254	1148	1080	2228
	t/km	33,3	27,9	37,1	31,7
Fundamentbeton	m ³	3735	2830	3300	6130
	m ³ /km	99	68,7	113,3	87,2
Isolation	Tragketten	doppelt	einfach u. doppelt	doppelt	—
	Abspannketten	dreifach	doppelt u. dreifach	dreifach	—
Isolatorentypen		L 75/12 v	L 75/12 v, 14 v	L 75/13 v, 15 v	—
Isolatoren	Stk.	1510	3368	3704	7072
	Stk./km	40	82	127	~ 100
Feldabstandhalter-Typen		a) mit Bolzen- gelenk u. star- rem Mittelstück b) mit federndem Mittelstück	Mit Bolzengelenk und starrem Mittelstück		—
Feldabstandhalter	Stk.	2450	5898	4608	10 506
	Stk./km	65	143	158	~ 150

warten. Dagegen konnte man sich im Raume Wien auf Grund der bekannten, häufigen Luftbewegungen in diesem Gebiet besonders mit Rücksicht auf die Nord-Süd-Richtung der Leitungsführung eher Schwingungserscheinungen an den Seilen vorstellen. Demgegenüber wurden alle diesbezüglichen Anfragen nach Seilschwingungsschäden verneint. Die Erklärung hierfür dürfte darin liegen, daß die kritischen Windgeschwindigkeiten von 0.1 bis 7.0 m/sec im Wiener Raum relativ selten länger andauern. Jedenfalls wurde vorbeugend für die Leitung Wien Südost—Bisamberg die Ausgangszugspannung auf 7.0 kg/mm² heruntergesetzt, während für die Talstrecke der 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller 7.5 kg/mm² vorgesehen wurden.

Die Wahl der Feldabstandhalter fiel in Anbetracht der vielen Möglichkeiten nicht leicht. Bekanntlich wurde bereits eine sehr große Anzahl von Konstruktionsformen entworfen, erzeugt und geprüft^{10, 11}.

Grundsätzlich sind zwei Hauptgruppen zu unterscheiden: Feldabstandhalter mit starrem und solche mit federndem Mittelstück. Bezüglich der Verbindung zwischen Mittelstück und Klemmkörpern unterscheidet man Bolzen-, Kugel- und Kardangelenke. Die Entscheidung für beide Leitungsanlagen fiel schließlich auf die schon mehrfach bewährten Feldabstandhalter mit starrem Mittelstück und Bolzengelenken (Abb. 6). Allerdings werden bei der Donauüberspannung der 220-kV-Leitung Wien Südost—Bisamberg auch Feldabstandhalter mit federndem Mittelstück versuchsweise eingebaut (Abb. 7).

Bezüglich der Kettenarmaturen und Klemmen wurden die gleichen Ausführungen gewählt, die sich in den letzten Jahren bei dem Bau von 220-kV-Leitungen bewährt haben (Abb. 8 und 9).

Tabelle 3 bringt eine Gegenüberstellung der wichtigsten Werte und Daten der beiden im Bau befindlichen Bündelleitungen.

Abschließend bleibt zu hoffen, daß sich die gewählten Bauteile auf den beiden jüngsten österreichischen Bündelleitungen bewähren werden und auch die Planung für die 380-kV-Vierfachbündelleitung über das Marienberger Joch erfolgreich abgeschlossen und in die Wirklichkeit umgesetzt werden kann.

Literatur

- ¹ KRAUTT, W.: Neue Leitungsbauten der Verbundgesellschaft. ÖZE 1959, H. 3, S. 198.
- ² MANGOLDT, W.: Leistungsfähigkeit von Übertragungen mit Bündelleitungen, Siemens Zeitschrift 1942, Sonderheft „Bündelleitungen“, S. 22.
- ³ MORS, H.: Freileitungen, ETZ-A, 1960, H. 19, S. 663.
- ⁴ KRAUTT, H.: Österreichs 220-kV-Sammelschiene. ÖZE 1949, H. 10, S. 229.

⁵ KROMER, F.: Der Weg zur ersten Dreiseilbündelleitung Koblach. ÖZE 1953, H. 8, S. 275.

⁶ BARTENSTEIN, R.: 10 Jahre 400-kV-Forschungsgemeinschaft. ETZ-A 1961, H. 12, S. 378.

⁷ AMMANN, E.: Neue 220/380-kV-Leitungen der Vorarlberger Illwerke AG. ÖZE 1956, H. 6, S. 292.

⁸ CAHEN F. und DEJOU A.: Probleme der Wirtschaftlichkeit bei Höchstspannungsleitungen. Bericht des Studienausschusses für internationalen Verbundbetrieb auf der UNIPEDE-Tagung in Lausanne 1958. Nr. IV. 1.

⁹ KRAUTT, W.: Bau einer Hochgebirgsleitung der Österreichischen Verbundgesellschaft. Bauindustrie 1960, H. 10.

¹⁰ 400-kV-Forschungsgemeinschaft e. V. Heidelberg: Die 400-kV-Forschungsanlage Rheinau, Teil III, 1960. Mechanische Versuche an einer Viererbündelleitung, S. 65.

¹¹ KROMER, F.: Bündelleiterarmaturen in Österreich. Technische Berichte, Siemens-Schuckertwerke 1961, H. 2, S. 4.

Mitteilungen aus aller Welt

CIGRE-Tagung 1960: Berichte über Fragen der Höchstspannungsübertragung, insbesondere über Freileitungen mit gebündelten Phasen

I. UdSSR

Zwei der CIGRE-Tagung 1960 vorgelegte Berichte lassen in die Forschungs- und Bautätigkeit der UdSSR auf dem Gebiete der Höchstspannungsübertragung Einblick gewinnen.

Im Bericht 413 erläutern BOURSDORF, EGOROVA, EMELIANOV und TIKHODEEV die an Höchstspannungsleitungen durchgeführten Messungen der Koronaverluste, der Rundfunkstörungen und der Beeinflussung der Fernübertragungsanlagen. Die Messungen wurden sowohl an Versuchsstrecken als auch an betriebenen Leitungen durchgeführt.

Für die in den Gegenden von Moskau und Leningrad durchgeführten Messungen wurden in jedem Falle je drei Transformatoren für 500 bzw. 750 kVA und besonders entwickelte Brückenmeßanordnungen aufgestellt. Letztere werden nur allgemein beschrieben, es wird auf frühere Veröffentlichungen hingewiesen. Durch das Messen an bestehenden Höchstspannungsleitungen ergibt sich die Aufgabe, die statischen Ladungen mittels eines Kondensators und eines Phasenreglers im Stromkreis des Wattmeters auszugleichen. Der Spannungskreis des Wattmeters wird an einen Potentialtransformator mit kompensierter Phasenregelung angeschlossen.

Die den Leitern aufgedruckte Spannung wurde nur soweit gesteigert, bis an deren Oberfläche der Gradient von 30 kV (Amplitude)/cm auftrat. Es wurden Messungen 1. bei schönem Wetter, 2. bei Regen (auch mit Pappschnee), 3. bei Schnee ohne Regen und 4. bei Rauhreif durchgeführt, u. zw. mehrere Messungen, deren Mittelwert ermittelt und als maßgebend anerkannt wurde. Der Einfluß der Luftdichte wurde nur bei den Messungen bei Schnee berücksichtigt.

Die Frage, welches Koordinatensystem der Darstellung der Koronaverluste zugrunde zu legen ist, wurde wie folgt gelöst:

Es seien mit P_k die Koronaverluste, n die Anzahl der Leiter eines Bündels, r_0 der Halbmesser eines Leiters des Bündels, E_m der Oberflächengradient des glatten Leiters und E_0 in kV/cm der kritische Wert der Bildung sichtbaren Glimmens nach PEAK und schließlich mit E der mittlere Spannungsgradient an der Oberfläche eines Leiters des Bündels bezeichnet. Im gewählten Koordinatensystem wird als Abszisse die Größe $\frac{E}{E_0}$, als Ordinate die Größe $\frac{P_k}{n^2 r_0^2}$ aufgetragen.

Für die vier meteorologischen Fälle werden die Kurven gezeichnet und mit den Ergebnissen, die in Chevilly, Mannheim-Rheinau, Tanashi, Tidd und Upsala sowie mit jenen der AEG und BBC verglichen. Es ergibt sich gute Übereinstimmung. Eine zusammenfassende Zeichnung im gleichen Koordinatensystem für gutes Wetter stellt die Verluste beim Einleiter, bei Bündeln aus zwei bis vier Leitern gegenüber und leitet eine Darstellung der mittleren Verluste ab.

Eine weitere Zeichnung stellt das Ergebnis gleichzeitiger Messungen an Einleitern und Zweier- und Dreierbündeln gegenüber. Bei schönem Wetter und niedrigen Gradientenwerten an der Oberfläche sind die Verluste des Einleiters höher, mit höherem Spannungsgefälle und Regen verkleinert sich der Unterschied.

Eine weitere Darstellung beweist, daß die Koronaverluste bei gleichem Regen beim Zweierbündel höher sind als beim Dreierbündel, beim Einleiter höher als beim Zweierbündel. Sie weist ferner nach, daß die Verluste mit zunehmender Regenstärke zunehmen, um ab einer Stärke von über 1 mm/h praktisch unverändert zu verbleiben.

Die Koronaverluste in kW/km für die vorausgesetzten vier meteorologischen Gegebenheiten werden auch in Tabellenform für 330, 350, 420 und 500 kV für Einleiter und Bündelleiter nachgewiesen und festgestellt: der Vorteil des Bündelleiters wird ab 330 kV besonders sinnfällig; bei 500 kV ist die Verwendung des Dreierbündels am Platz.

Die Rundfunkstörungen und Hochfrequenzstörungen im Nachrichtenleiter hängen vom Amplitudenwert des Spannungsgefälles an der Oberfläche des mittleren Leiters des Bündels ab. Ihr Streuen ist nicht auf veränderliche Eigenschaften der Luft, sondern auf den Belag der Leiter mit Staub und Schmutz zurückzuführen. Neu verlegte Leiter verursachen größere Störungen als die schon längere Zeit in Verwendung stehenden. Die Rundfunkstörungen sind bis zum Spannungsgefälle von 26 kV/cm im mittleren Leiter unbedenklich, bei den längere Zeit in Betrieb stehenden Leitern auch bei höheren Werten. Vom Standpunkt der Störungen ist die Steigerung der Betriebsspannung von 400 auf 500 kV bei Benützung von Bündelleitern unbedenklich.

KRIKUNTCHIK, ROKOTIAN und YAKUB behandeln im Bericht 412 „Einige Fragen der Weitraum-Energieübertragung in der UdSSR“, die der Betrieb der 400-kV-Leitung Kuibyschew—Moskau und der 500-kV-Lei-

tungen Kuibyschew—Ural und Stalingrad—Moskau aufgeworfen hat.

Die 400-kV-Leitung Kuibyschew—Moskau übertrug in den Jahren 1956, 1957 und 1958 1,76, 6,78 bzw. 7,61 TWh. Sie wurde 1958 mit einem Unterwerk erweitert, in welchem ein Autotransformatorensatz für 270 MVA, 500/110/11 kV aufgestellt wurde, der, als Transformator betrieben, zusätzlich noch 390 kV liefert. Ferner wurde sie mit einer 52 km langen Freileitung erweitert. Die bestehenden Werke wurden 1958 mit Autotransformatoren für 500 MVA bzw. 405 und 270 MVA, 400/220/11 kV oder sehr ähnlichen Spannungsverhältnissen erweitert.

Erstmalig traten 1958 im dritten Betriebsjahr zwei Unterbrechungen durch Blitzeinwirkungen auf.

Ebenfalls 1958 wurde die Leitung Kuibyschew—Moskau mit Reihenkondensatorenbatterien für 486 MVar ausgerüstet, die aus drei gleichen parallelen Stromkreisen bestehen. Die Ausführung der Bestandteile der Batterie und ihr Schutz werden im Bericht beschrieben.

Die Batterie hob die Übertragungsfähigkeit der Leitung um 350 MW.

Im europäischen Teil der UdSSR soll allmählich ein vermaschtes Höchstspannungsnetz errichtet werden, dem die in Betrieb befindliche 400- bzw. 500-kV-Anlage Kuibyschew—Ural angehören wird. Ursprünglich für 400 kV ausgelegt, wird ihre Leistungsfähigkeit bei 500 kV von 600 auf 900 MW erhöht. Die Zwischenwerke werden teils mit 400, teils mit 500 kV betrieben und mit Transformatoren für 400/110 bzw. 500/220 kV ausgerüstet.

Die Arbeit erwähnt die zur Spannungshaltung und für die Blindstromwirtschaft herangezogenen Einrichtungen. Die 1 050 km lange Übertragung durchquert Gebiete unterschiedlichen Charakters, dem die Ausführung der Leitung angepaßt wurde, die somit keinen einheitlichen Charakter trägt. Erstmalig wurden Ölschalter für 500 kV, 1,2 kA Nennstrom, 12 GVA Abschalteleistung aufgestellt.

Die 500-kV-Übertragung Stalingrad—Moskau vermag in ihren zwei Systemen 1,5 GW zu übertragen. Es werden die Einrichtungen zur Sicherung der Stabilität aufgezählt und die Einrichtungen der Unterwerke, bzw. die Planungen beschrieben, durch die der Ring um Moskau geschlossen werden soll. Durch die erzwungene Begrenzung der Schaltüberspannung wird das Isolationsniveau bei den getroffenen Maßnahmen auch für die neue Spannung von 500 kV ausreichen.

Die Leitung Stalingrad—Moskau ist mit Dreierbündeln ausgeführt. Durch den Übergang auf 500 kV wird der Wirkungsgrad der Übertragung um 0,8% auf 92,2% erhöht, die Transportspesen um 13,5% gesenkt.

Beim Ausfallen einer Leitung werden selbsttätige Kondensatorenbatterien zugeschaltet.

Die 500-kV-Einrichtung ist vorwiegend russisches, nur zum kleineren Teil französisches Erzeugnis.

Der große Abstand der natürlichen Leistungen einer 220-kV- und einer 500-kV-Leitung (165 bzw. 1 000 MW) ließ es ratsam erscheinen, eine Zwischenspannung, u. zw. 330 kV anzuwenden. Wie ein Diagramm des Berichtes nachweist, liegt ihre Leistungsfähigkeit mittig zwischen 220 und 500 kV. Die Wirtschaftlichkeit der 330-kV-Spannung ist gegeben. Es wird deshalb geplant, bis 1965 etwa 7 000 km Leitung dieser Spannung zu errichten. Bestehende 220-kV-Leitungen lassen sich wirtschaftlich in 330-kV-Leitungen umbauen. Die neu zu errichtenden 330-kV-Leitungen werden Zweierbündel erhalten.

II. U.S.A.

Der Bericht 406 „Vorbereitung der Höchstspannungsübertragung“ von P. A. ABETTI läßt erkennen, daß die USA mit der bisher angewandten maximalen Übertragungsspannung von 345 kV bald nicht mehr das Auslangen finden werden und bereits 1962 Übertragungen mit 460 kV,

gegen 1975 mit 650 bis 690 kV tätigen werden. Um diese gesteigerten Spannungen mit Erfolg anwenden zu können, werden Voruntersuchungen durchgeführt, wobei der Bündelleiter (Zweier- und Dreierbündel) in das Versuchsprogramm einbezogen wird. Diese Untersuchungen werden an einer in Errichtung befindlichen Versuchsstrecke durchgeführt (der Viererbündel steht nicht auf dem Versuchsprogramm, da ihn die Hydro Electric Power of Ontario untersucht, s. III.)

Die Versuchsstreckenlänge weicht von den üblichen Längen solcher Anordnungen ab und wird 7 km betragen. Sie wird bei Pittsfield (Massachusetts) errichtet werden (Kosten 7,5 Mio \$ oder rund 0,2 Mrd S).

Auf einer Teilstrecke von 1 km lassen sich die Phasenabstände ändern. Auf Teilstrecken der 6 km langen Reststrecke werden Versuche mit 460 kV (Phasenabstände 11,7 m) und 600 kV (Phasenabstände 13,8 m) durchgeführt werden können. Die Versuchsstrecke kann auch an ein bestehendes 115-kV-Netz angeschlossen werden. Die 460-kV-Versuche werden mit Einleiter, Zweier- und Dreierbündeln, die 650-kV-Versuchsreihe mit Dreierbündeln durchgeführt werden. Es werden stets die gleichen Teilleiter verwendet werden, um etwaige Alterungserscheinungen an ihnen festzustellen. Die Isolatorenketten werden bei 460 kV aus 22, bei 650 kV aus 30 Gliedern bestehen. Unter vielen anderen werden die Messungen folgende Erscheinungen erfassen:

- die Korona,
- Rundfunkstöranfälligkeit,
- die Schwingungsanfälligkeit.

Koronamessungen werden mit 460 kV bei offener Leitung erfolgen.

Eine umfangreiche Versuchs- und Auswertungseinrichtung sorgt für selbsttätiges Erfassen der Meßgrößen, die die stattliche Anzahl von 12 Millionen pro Jahr erreichen werden. Automatisch erfolgen Aufnahme, Fortleitung, Registrierung und Auswertung. Transduktoren formen jede Meßgröße in eine elektrische Größe um, ihre Fortleitung erfolgt über Kabel oder auf radioelektrischem Wege. Analogierechner erfassen Momentanwerte, die registriert werden. Ein Programmierer und vier Analysatoren, Registriervorrichtungen und Magnetbänder beliefern die elektronische Maschine, die die Aufnahmen auswertet.

Die 345-kV-Anlagen der American Electric Power Company (A.E.P.) und der Ohio Valley Electric Corporation (O.V.E.C.) werden im Bericht 407 von F. M. PORTER und H. P. ST.-CLAIR (USA) beschrieben.

Das 345-kV-Netz der A.E.P. hat eine Länge von 1 400 km (560 km mit zwei Systemen), jenes der O.V.E.C. 600 km (für zwei Systeme). Im Zuge dieser Leitungen wurden je zwei 12,5 km lange Versuchsstrecken mit Zweierbündeln ausgestattet, um das Verhalten der Freileitungen mit gebündelten Phasen zu studieren. Dieses Studium ist im Gange.

III. Kanada

Die Hydro Electric Power Commission of Ontario beabsichtigt, wie J. G. CASSAN und N. J. McMURTRIE (Kanada) im Bericht 408 mitteilen, Kraftwerke mit der installierten Leistung von rund 1,2 GW zu errichten, die ihre Leistung über Leitungen großer Länge — über 1 000 km — mit etwa 460 kV übertragen werden. Zwecks Studiums einer solchen Übertragung wird das „Coldwater E.H.T.-Projekt“ ausgeführt. Es umfaßt die Errichtung zweier gesonderter Drehstrom-Versuchsstrecken mit Holzmasten von je 760 m Länge mit gebündelten Phasen. Die Versuche werden mit Spannungen bis 600 kV ausgeführt. Zweck der Versuche ist, die Koronaerscheinungen und Rundfunkstörungen der gebündelten Phasen zu erfassen. Berechnungen ergaben, daß die optimale Wirtschaftlichkeit der geplanten Leitung mit Viererbündeln erzielt wird, weshalb die Versuchsstrecke mit solchen Leitern ausgestattet wird. Später sollen auch

Zufrieden?

Ja, wir waren mit
UHER-Elektrizitätszählern
und Schaltuhren im ab-
laufenden Jahre bestens
zufrieden. Wir sagen dies
gerne allen, die es interessiert
— und bleiben selbstver-
stündlich auch im Jahre
1962 wieder bei der Marke
UHER!

UHER

Österr. Spitzenmarke



Österreichische Donaukraftwerke Aktiengesellschaft

Hauptverwaltung: Wien I, Hohenstaufengasse 6

Der Stromverbrauch Österreichs war im Jahre 1960 mit 14 Milliarden Kilowattstunden um 9% höher als der des Jahres 1959. Erfahrungsgemäß wird sich unser Stromverbrauch in 10 Jahren verdoppelt haben. Da jedes Zurückbleiben der Stromerzeugung hinter dem echt vorhandenen Bedarf für die Wirtschaft unseres Landes unabsehbare Folgen haben könnte, müssen immer wieder neue Kraftwerke gebaut werden. Das wirtschaftlich ausbauwürdige Wasserkraftpotential Österreichs, von dem derzeit nur ein Viertel ausgenutzt wird, beträgt ca. 43 Milliarden Kilowattstunden. Rund ein Drittel davon bietet allein die Donau an. Unsere Gesellschaft ist mit dem Ausbau der österreichischen Strecke der Donau beauftragt. Vorgesehen sind 13 Stufen mit einer Ausbauleistung von insgesamt 2 Millionen Kilowatt und einer Jahresarbeit von rund 14 Milliarden Kilowattstunden.

Seit Sommer 1959 in Vollbetrieb:

YBBS-PERSENBEUG

Erzielbare Jahresarbeit 1 250 000 000 kWh
Höchstleistung der 6 Turbinen 200 000 kW

Seit November 1959 in Bau:

ASCHACH

Erzielbare Jahresarbeit 1 680 000 000 kWh
Höchstleistung der 4 Turbinen 282 000 kW



**Felten
&
uilleaume**

**FABRIK ELEKTR.
APPARATE**

tiengesellschaft

**CHREMS - EUGENIA
EDERÖSTERREICH**

**CHNISCHES BÜRO:
N 2, HOLLANDSTRASSE 6
LEPHON 23 31 75 A**

Bei

VERTEILERN

ist

ISOLIEREN

besser

und

billiger

als

ERDEN!

daher Sicherheit in
Ihren Anlagen durch
schutzisolierte



F & G - ISOLIERSTOFFVERTEILE

Versuche mit Zweier- und Dreierbündeln durchgeführt werden. Das Unternehmen strebt an, die Instandhaltungsarbeiten an den zu errichtenden Leitungen unter Spannung durchführen zu können. Die Abstände der Teilleiter des Bündels sollen einerseits durch diese Absicht bestimmt werden, andererseits soll der Spannungsgradient an der Leiteroberfläche maximal 17 kV eff/cm betragen, bis zu welchem Wert die Rundfunkstörungen tragbar sind. Bei den ersten Untersuchungen bestand der Unterschied zwischen den zwei Versuchsstrecken in der Dimension der Teilleiter der Viererbündel (28 bzw. 20,3 cm). Die verwendeten Armaturen sind koronafrei. Die Phasenabstände sind veränderlich.

Die Versuche sind im Gange.

IV. Schweden

B. NORDSTRÖM, L. NORLIN und R. GRADIN (Schweden) befassen sich im Bericht 324 mit der Stabilität des schwedischen 400-kV-Netzes, welches Thema die ÖZE bereits behandelte (ÖZE/1961, H. 2, S. 58). Der Bericht zeigt, daß

die in Schweden angewandte Bündelung des Phasenleiters auch mit Rücksicht auf die Stabilität des Betriebes erfolgt. Schon die Einführung des Zweierbündels bezweckte die Herabsetzung der Reaktanz der Leitung um 25%, die umso mehr zu begrüßen war, als es bei der Errichtung der ersten Zweierbündelleitung keine Serienkondensatoren gab. Die Leitungen der Zukunft werden mit starken Teilleitern ($2 \times 593 \text{ mm}^2$ pro Phase) errichtet werden, um die Serienkompensation maximal auszunützen und dadurch die Übertragungsspesen herabzusetzen. Der Bericht behandelt die Frage, ob es zweckmäßiger ist, zwei stärkere Teilleiter oder drei schwächer pro Phase zu benützen; letzteres ergibt eine um 10% niedrigere Reaktanz. Bei der Gegenüberstellung der Bündel $2 \times 908 \text{ mm}^2$ und $3 \times 593 \text{ mm}^2$ (somit bei praktisch gleichem Gesamtquerschnitt) erweist sich das Dreierbündel als wirtschaftlicher. Es werden daher die in den Jahren 1962 und 1964 zu errichtenden Höchstspannungsleitungen mit Bündeln $3 \times 593 \text{ mm}^2$ und $3 \times 772 \text{ mm}^2$ ausgerüstet werden.

Energiewirtschaftliche Kurzberichte

Über eine Dreikettenabspannung für Bündelleiter wurde in der ÖZE 1960, H. 5, S. 229, berichtet (Bauart Prof. Dr. MARKT und Ing. SCHMIDT, Österreichisches Patent Nr. 175 621 und Deutsches Patent Nr. 946 359). Die Ausführung der Abspannung sei kurz in Erinnerung gebracht (s. Abb. in ÖZE 1960, H. 5, S. 230): sie besteht aus Tragscheiten, welche die Isolatorenketten distanzieren und den Leitungszug auf diese übertragen. Damit der Leitungszug zu gleichen Teilen auf die drei Ketten übertragen wird, sind an den Stirnflächen der Tragscheite Rundkerben vorgesehen, welche Bolzen der zwei Zuglaschen aufnehmen. Zuglasche und Zugbänder sind durch Querbänder verbunden und laufen im Distanzhalter in einem gemeinsamen Drehpunkt zusammen. Mit dem Distanzhalter sind die Abspannarmaturen des Bündelleiters verbunden. Zur Dämpfung des Fangstoßes nach erfolgtem Riß einer Kette sind Dämpfungseinlagen vorgesehen. Zur Dämpfung des Fangstoßes beim Riß einer äußeren Kette dienen Keile, die Dämpfung beim Mittelriß erfolgt durch besondere Segmentstücke.

Die Technische Versuchs- und Forschungsanstalt der T. H. Wien, Vorstand Prof. Dr. SLATTENSCHKE, wurde beauftragt, Schlagkraftmessungen bei Kettenriß durchzuführen. Die Versuche wurden in einem 342,5 m langen Spannfeld, an Masten der aufgelassenen 55-kV-Bundesbahnleitung bei Landeck durchgeführt. Die Versuchsbehelfe und Meßgeräte bestanden aus der Trennkuppelung, den Dynamometern und Dehnmeßstreifen. Die Meßstreifen wurden an eine elektrische Dehnmeßbrücke mit nachgeschaltetem Gleichspannungsverstärker angeschlossen. Die Aufzeichnung des Ablaufes der Schlagzugbeanspruchung erfolgte mit einem Schleifenszillographen „Oszilloport“ mit drei Meßkanälen.

Die Technische Versuchs- und Forschungsanstalt verfaßte einen ausführlichen Bericht über die durchgeführten Versuche. Interessenten, die in diesen Bericht Einblick nehmen wollen, mögen sich an die Studiengesellschaft Westtirol, Innsbruck, Museumstraße 28/III, unmittelbar wenden.

An dieser Stelle kann nur angedeutet werden, daß Dämpfungseinlagen aus verschiedenen Werkstoffen verwendet und folgende Versuchsreihen durchgeführt wurden:

A. Versuche mit Riß einer Außenkette (ungedämpfter Außenriß, Außenriß gedämpft mit Weichbleieinlagen, mit Hartblei, mit weichem Kupfer).

B. Versuche mit Riß der Mittelkette (Riß gedämpft mit Weichblei, Hartblei, Weichkupfer).

C. Versuche mit Riß einer Außenkette zur Biegemomentmessung.

Werden mit P_{dyn} die maximale Schlagzugkraft, mit P_{stat} die vor dem Kettenriß festgestellte statische Zugkraft bezeichnet, so ist die Stoßziffer

$$S = \frac{P_{dyn}}{P_{stat}}$$

Die Versuche zeigten, daß beim Riß einer Außenkette an der unbeschädigten Außenkette die Stoßziffer 1,5 beträgt. An der Mittelkette waren Stoßkennziffern zwischen 1,85 und 2,45 festzustellen, welche Werte als klein zu bezeichnen sind. Das Gleiche gilt von den bei Mittelkettenriß festgestellten Stoßkennziffern von 1,93 bis 2,32.

Die Ausführung der Hochspannungsfreileitungen mit gebündelten Phasenleitern wurde schon vor rund einer Jahresdekade in Katanga, im südöstlichen Teil des damaligen Belgisch-Kongo, beschlossen. Der besondere Reichtum



Abb. 1. Katangesischer Tragmast

Katangas an Gold, Kupfer, Kobalt, Zink, Kadmium und Blei regte zur Errichtung umfangreicher elektro-chemischer Anlagen an, das Fehlen geeigneter Brennstoffe führte zum Großausbau der reichlich vorhandenen Wasserkräfte und zur Errichtung ausgedehnter Leitungsanlagen. Mit dem südlichen Nachbarstaat, Nordrhodesien, wurde ein Energieaustausch vereinbart. Das errichtete Hochspannungsnetz hat die 1 000-km-Grenze bereits überschritten, es wird mit 220, 110 und 50 kV betrieben. Die in Kolwezi errichtete Lastverteilerstelle ist mit den zwei hydraulischen Großkraftwerken Delcommune und Jadotville mit 220-kV-Freileitungen verbunden, die Großkraftwerke Le Marinel und Jadotville mit 220-kV-Leitungen. Von Jadotville führt eine 220-kV-Leitung über Elisabethville zur Grenze Nord-Rhodesiens.

Der Errichtung der 500 km langen 220-kV-Leitung Le Marinel—Jadotville—Elisabethville—Grenze Nord-Rhodesiens gingen eingehende Berechnungen in einem Netzmodell in Brüssel voraus, die zeigten, daß die mit Zweierbündeln

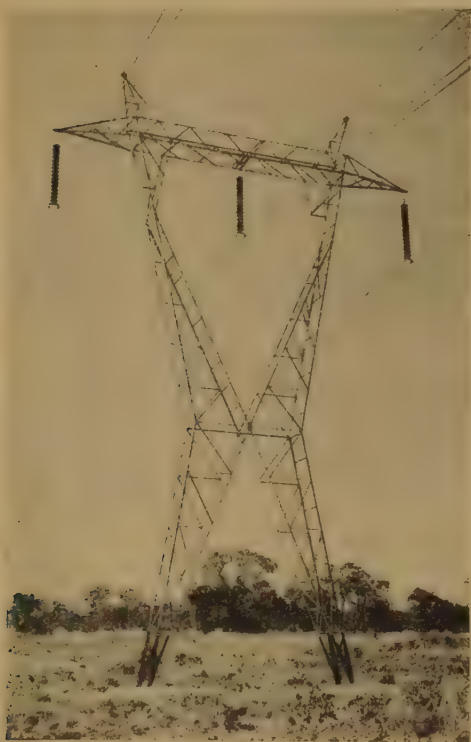


Abb. 2. Katangesischer Trag- und Verdrillungsmast

ausgestattete Leitung die Koronaverluste und die Störungen der Hochfrequenzübertragung in tragbaren Grenzen hielt und der pro Phase mit einem Kupferhohlseil oder mit einem starken Aluminiumseil ausgestatteten Leitung überlegen ist. Die Abb. 1 zeigt einen Tragmast, die Abb. 2 einen Abspann-Verdrillungsmast dieser Leitung. Die Leiter des Bündels sind aus Kupfer von je 151 mm² Querschnitt und wurden in Elisabethville erzeugt. Die mittlere Spannweite beträgt 300 m, in jedes Spannungsfeld dieser Größe sind vier Distanzhalter eingebaut. Im Zuge der Leitung mußten Spannweiten bis 500 m vorgesehen werden. Als Erdseile sind verzinkte Stahlseile verlegt. In 50 cm Tiefe ist entlang der gesamten Leitung die Erdleitung (zwei Kupferdrähte von 4 mm Durchmesser) verlegt. Erdplatten wurden nicht vorgesehen. Die Stahlmaste erhielten keine Gründungen.

Landeshauptmann-Stellvertreter V. Müllner sprach am 27. September im Donaueuropäischen Institut über „Die niederösterreichische Energiewirtschaft und ihre Probleme“. Als Land der Wasserkräfte kann wohl der Westen, nicht

aber der Osten Österreichs bezeichnet werden. Hier liegt allerdings der Schwerpunkt des österreichischen Konsums. Der zweite Weltkrieg wirkte sich auf den Osten Österreichs unvergleichlich verheerender aus als auf den Westen. Dort gibt es keine Wasserkraftwerke der Bedeutung dieser des Westens; so gut wie alle Dampfkraftwerke waren zerstört, die Leitungen unterbrochen. Die Aufbauarbeit wurde in Niederösterreich noch vor Einstellung der Kampfhandlungen aufgenommen, die vorher bestandene sammelschienenartige 60-kV-Leitung der NEWAG bis zum 19. Juni 1945 instandgesetzt. Waldviertel und Weinviertel konnten versorgt, der Abfall des Frainer Werkes kompensiert werden. Dank großer Anstrengungen, die auch eifriges „Organisieren“ einschlossen, dank einer intensiven Werbung und Aufklärung stieg der Absatz der NEWAG von 150 GWh (1945) auf über 1 000 GWh (1960). Das Netz der NEWAG überschreitet heute die Länge eines halben Meridians. 1 100 Gemeinden werden von ihr mit Strom versorgt, die Konsumenten sind weit zerstreut (20 Abnehmer pro km, das gesamte Marchfeld weist den Konsum der Wiener Rotenturmstraße auf). Die bekannte Elektrogeräte-Aktion EMA war ein voller Erfolg. Mit dem „Tag des Lichtes“ wird weiter geworben.

Nach Kriegsende mußte Kraftwerkskapazität aufgestellt werden, auch um Arbeitsplätze zu schaffen. Bund und Länder schufen das Kompromiß des zweiten Verstaatlichungsgesetzes: Bund und Länder bauen Großkraftwerke, Länder, Städte und Gemeinden bauen Werke im Rahmen ihrer eigenen Versorgung. Die Verbundgesellschaft rief die Sondergesellschaften ins Leben, um den Großkraftwerksbau zu tätigen. An allen Sondergesellschaften hat sich die NEWAG beteiligt. Durch die durch Bundesstellen erfolgte Verteilung der ERP-Gelder verloren die Länder das Interesse am gemeinsamen Kraftwerksbau und errichteten eigene Werke. Ein konstruktives Zusammenarbeiten aller Werke ist ein Gebot der Stunde. So baute die NEWAG mit heimischen Krediten und mit relativ geringen Kosten die Kamptal-Kraftwerke aus (der erste Spatenstich erfolgte im Herbst 1949 durch Landeshauptmann STEINBÖCK). Sie beleben die Wirtschaft des Waldviertels.

Die Freigabe der Baustelle Ybbs-Persenbeug durch das russische Element erfolgte unter Mitwirkung der NEWAG. Hiefür verlangte sie die Aktienmehrheit. Geboten wurde ihr die Aktienminderheit von 80 Mio S (der Rechnungshof hat diese Beteiligung mit der Begründung beanstandet, daß die NEWAG aus Ybbs-Persenbeug keinen Nutzen ziehe). Ybbs-Persenbeug erzeugt mit 190 MW Maschinenkapazität 1,2 TWh/Jahr und kostete 2,4 Mrd S. Die baulichen Anlagen allein machten 50% aus. Sollen diese in 50 Jahren, das restliche Kapital in 15 bis 20 Jahren abgeschrieben werden, somit im Mittel in 20 bis 30 Jahren, und wird bei 30jähriger Abschreibung der Kapitalzinsendienst mit 6% angenommen, so ergibt sich der gesamte Kapitaldienst zu 7%. Werden die Betriebs- und Personalkosten mit 3% angenommen, so betragen die Gesamtkosten 10% von 2,4 Mrd S, d. s. 240 Mio S/Jahr. Aufgeteilt auf 1,2 TWh, kostet die Erzeugung somit 20 g/kWh.

Analog wurden für Kaprun die Kosten mit 1,1 bis 1,2 S/kWh errechnet.

Für ein Dampfkraftwerk für 150 MW und 500 Mio S Investitionskosten ergeben sich analog die folgenden festen Kosten:

- bei 2 000 Ausnützungsstunden 20 bis 25 g/kWh,
- bei 3 000 Ausnützungsstunden 13 bis 17 g/kWh,
- bei 6 000 Ausnützungsstunden 7 bis 8 g/kWh.

Hiezu kommen die Brennstoffkosten (1 Mio kcal S 60,—, 2 500 kcal/kWh) d. s. 15 g/kWh. Dieser Betrag, zu den vorstehend ermittelten zugezählt, ergibt die vollen Kosten.

Nur wenn die Zukunft inflationistische Erscheinungen zeitigen sollte, wird sich preislich das hydraulische Werk gegenüber dem kalorischen günstiger erweisen.

Wir müssen auf dem Standpunkt stehen, daß die heutigen Werte erhalten bleiben.

Um die niederösterreichische Bevölkerung an den Bodenschätzen Anteil nehmen zu lassen, hat die Landesregierung mit der NEWAG die NIOGAS ins Leben gerufen. Sie versorgt derzeit 30 000 Haushalte, sie hat den Gaspreis stark herabgesetzt und dem Wiener Gaspreis angeglichen. Über 100 Industrieunternehmen wurden an das neugeschaffene Erdgasnetz angeschlossen. Seit 1957 bezieht die NIOGAS 500 Mio m³/Jahr Erdgas. Um dieser Bezugsmenge den Absatz zu sichern, wurden die Gasturbinen für das inzwischen fertiggestellte Dampfkraftwerk Korneuburg bestellt. Von den zu beziehenden 500 Mio m³ werden 160 Mio m³ in Korneuburg, 340 Mio m³ bei den Industrieabnehmern abgesetzt werden.

Die inzwischen eingetretene Kohlenkrise ist zu einem großen Teil auf die hohen Transportkosten der Kohle zurückzuführen. Der eingeführte Heizoll vermochte die wirtschaftlichen Vorteile des Öles nicht zu unterbinden. Die Kohle kann nur zu ihrer vormaligen Bedeutung gelangen, wenn sie an Ort und Stelle verheizt wird. Die NEWAG hat daher die Errichtung eines Dampfkraftwerkes auf der Gewinnungstätte der besten heimischen Kohle, der niederösterreichischen Steinkohle, beschlossen. Darin ist auch eine Sozialmaßnahme zu erblicken: es werden Arbeitsplätze geschaffen, seßhafte Familien werden nicht entwurzelt.

Die derzeitige Erdgaswirtschaft läßt es zu, die Wünsche der chemischen Betriebe zu erfüllen. Die Forderung der Stickstoffwerke nach 80 Mio m³/Jahr ist erfüllbar, denn diese Menge läßt sich von den Erdgaslieferungen an Gemeinde Wien, NIOGAS und Industrien leicht abzweigen.

Die in Niederösterreich lagernde Erdgasmenge beträgt nur 10% der in Südfrankreich, 1% der in der Sahara vermuteten lagernden Menge. Es ist somit der Erdgasbestand Niederösterreichs sehr gering. Die Neuorganisation der Energiewirtschaft der Welt ist im Gange. Pipelines werden die Weltteile verbinden, das Atomkraftwerk ist bereits in Kahl verwirklicht worden, es eröffnen sich neue Wege für die Energieversorgung Niederösterreichs, auch wenn seine eigenen Erdgasvorräte erschöpft sein werden.

Der Jahresbericht 1960 der Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique — F.P.E. — schließt wie alljährlich die Tätigkeit der folgenden Organisationen ein:

C. P. T. E. — Société pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Energie Electrique,

A. C. E. I. B. — Association des Centrales Electriques Industrielles de Belgique,

U. E. E. B. — Union des Exploitations Electriques en Belgique.

Stromerzeugung und -verbrauch werden wie folgt gegliedert nachgewiesen:

- 1) der öffentlichen Versorgungsunternehmen u. zw.:
 - a) Privatunternehmen,
 - b) Unternehmen der öffentlichen Hand.
- 2) der Industrieunternehmen mit eigener Erzeugung u. zw.:
 - a) gemeinsame Kraftwerke und
 - b) Einzelkraftwerke u. zw.:
 - A. die installierte Leistung oder
 - B. die Engpaßleistung u. zw. die Bruttoengpaßleistung oder die Nettoengpaßleistung (abzüglich Hilfsbetriebe und Werksumspannerverluste).

Die gesamte installierte Leistung stieg von 4 302 auf 4 522 MW, somit um 220 MW. Dieser Erhöhung der installierten Leistung steht eine Neuauftellung von Maschi-

nenkapazität von 362,8 MW gegenüber. Der Vergleich dieser zwei Zahlen zeigt wieder deutlich, daß es mit der Überlegenheit des kalorischen Werkes gegenüber dem angeblich viel teureren hydraulischen nicht weit her ist, wenn man die Kurzlebigkeit des thermischen Werkes mitberücksichtigt.

Die Bruttoengpaßleistung stieg von 3 737 auf 4 011 MW, die Nettoengpaßleistung von 3 491 auf 3 748 MW. An dieser sind beteiligt:

die private öffentliche Versorgung mit . . .	53,6%,
detto der öffentlichen Hand mit	4,6%,
die gemeinsamen Werke der Eigenerzeuger mit	11 %,
die Einzelwerke der Eigenerzeuger mit . . .	30,8%.

1 794,2 MW Nettoengpaßleistung sind in 14 Werken mit einer Leistung von mehr als 100 MW untergebracht. Es wird auf die Verteilung der Leistung und der Erzeugung auf die Provinzen Belgiens ausführlich eingegangen.

Die Nettoengpaßleistung von 3 748 MW wurde nur zu 1,3% mit der Wasserkraft erzeugt. Von den 98,7% kalorischer Leistung entfallen:

84,4% auf Kohle- und Erdölwerke,
11,4% auf Kohle- und Gaswerke und
2,9% auf Gaskraftwerke.

Aufgestellt ist die Leistung der Eigenerzeugung zu 36,9% bei den Kohlengruben, zu 18,8% in Eisen- und Metallwerken.

Das gesamte Netz, d. h. Freileitungen und Kabel für Nieder- und Hochspannung wurde von 88 156 km auf 89 535 km erweitert.

Investiert wurden im Jahre 1960 3 822 Mio bf. (gegenüber 4 703 Mio bf. im Jahre 1959 und 4 236 Mio bf. im Jahre 1958). Von den 3 822 Mio bf. entfallen 1 905 Mio bf. auf die Erzeugung und 979 Mio bf. auf die Niederspannungsverteilung.

Die Leistungsspitze trat am 16. Dezember knapp nach 8 Uhr ein und betrug 2 785 MW gegenüber 2 689 MW im Vorjahr.

Die Bruttoerzeugung von 15 152,1 GWh (im Vorjahr 14 140,9 GWh) erfolgte zu 55% in privaten Werken der öffentlichen Versorgung, zu nur 3,3 durch die Unternehmen der öffentlichen Hand, 10,5% wurden im gemeinsamen Kraftwerke der Selbsterzeugung und 31,2% in deren Einzelwerken erzeugt. Die Nettoerzeugung betrug 14 118,1 GWh gegenüber 13 179 GWh. Die Bevölkerung stieg um 1/2% von 9 078 635 Einwohnern auf 9 128 824, und die Einnahmen aus der Elektrizitätsversorgung stiegen um 2%, der Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung von 1 140 auf 1 467 kWh.

Die Nettoerzeugung teilt sich wie folgt auf die Kraftwerksarten auf:

Kohlekraftwerke	10 502,8 GWh,
Gaskraftwerke	1 565,7 GWh,
Erdölwerke	1 878,5 GWh,
hydraulische Werke	171,1 GWh.

48% der Nettoerzeugung erfolgte in Kraftwerken mit mehr als 100 MW und 27,3% in Kraftwerken mit einer Leistung von 50 bis 100 MW.

Es wird nachgewiesen, daß im Energieaustausch mit dem Ausland die Ausfuhr nach den Niederlanden um 98,5 GWh und nach der Schweiz um 17,6 GWh überwog. Im Strom-austausch mit der Deutschen Bundesrepublik überwog die Einfuhr um 13,7 GWh und aus Frankreich um 133,9 GWh.

Der Verbrauch nach Abzug der Verluste betrug 13 394,8 GWh (im Vorjahr 12 367,9 GWh). Er erfuhr im Niederspannungsnetz eine Steigerung mit 12,6%, im Hochspannungsnetz eine solche von 7,5%.

Kürzlich erschien der dritte Jahresbericht des „The Electricity Council“ für die Zeit vom 1. April 1960 bis 31. März 1961. Der Leitung des Unternehmens gehören u. a. an: Sir ROBERTSON KING als Beauftragter des Ministers of Power, Sir CHRISTOPHER HINTON als Vertreter des Central Electricity Generating Board und je ein Vertreter der zwölf Area Electricity Boards. England und Wales, die von den vorgenannten drei staatlichen Unternehmen betrauten Gebiete Großbritanniens sind in fünf Stromgewinnungsteilgebiete und in zwölf Versorgungsgebiete eingeteilt.

Im Berichtsjahr wurden nach England und Wales 104,74 TWh, d. s. um 10,9% mehr als im Vorjahr (85,72 TWh) geliefert. Verkaufte wurden 96,05 TWh (+ 12,1%), die sich wie folgt auf die Verbrauchergruppen aufteilen:

Haushalt	31,64 TWh
Landwirtschaft	1,79 TWh
Gewerbe	11,98 TWh
Gewerbe und Haushalt zusammen	1,58 TWh
Industrie	46,70 TWh
öffentliche Beleuchtung	0,79 TWh
Bahnen	1,57 TWh
	<hr/>
	96,05 TWh

Die Anzahl der Konsumenten stieg im Berichtsjahr um 2%. Installiert wurden 1,78 GW (im Vorjahr 2,35 GW) entsprechend einem Engpaßleistungszuwachs von 1,54 GW (hiedurch ergibt sich die gesamte Engpaßleistung von 25,38 GW). Der Zuwachs an Kraftwerkskapazität erfolgte in vier neuen kalorischen Werken mit Einheiten von durchwegs 120 MW. Von den am Tage der Höchstlast verfügbar gewesenen 26,36 GW wurden 24,91 GW in Anspruch genommen. Das Höchstlastdiagramm weist eine schwache Abendspitze auf. Durch das allmähliche Überwiegen neuer Kraftwerke ist der thermische Wirkungsgrad gestiegen. Die Steigerung (von 26,53% auf 26,80%) ist jedoch geringer als erwartet, da alte Maschineneinheiten in ausgiebigerem Maße als vorausgesehen eingesetzt werden mußten und auch Kohlen geringeren Heizwertes bezogen wurden. Bis 1965 soll die Kraftwerkskapazität auf 38,7 GW erhöht werden, 24 neue Kraftwerke (darunter 6 Atomkraftwerke) und Erweiterungen sollen errichtet bzw. durchgeführt werden. Es wird auch die Errichtung eines 300-MW-Pumpspeichwerkes in Nordwales erwogen. Im vorgeschrittenen Bauzustand befinden sich die Atomkraftwerke Berkeley und Bradwell. In Bau sind die Kraftwerke Hinkley Point, Trawsfynydd und Dungeness. Begonnen wurde mit dem Kraftwerk Sizewell, geplant wird ein weiteres Atomkraftwerk im Oldbury.

Aufträge wurden erteilt auf vier einwellige Einheiten für 350 MW und acht für 500 MW mit den bisher angewandten Temperaturen und Dampfdrücken. In Auftrag gegeben wurden ferner zwei einwellige 375 MW-Turbosätze für überdurchschnittlichen Dampfdruck, 2 Gasturbinen für je 3 MW stehen vor der Inbetriebnahme, eine weitere Versuchsgasturbine soll nunmehr die Möglichkeiten dieser Maschinenbauart beurteilen lassen.

Der Bericht kündigt an, daß sich die einschlägigen Stellen mit der Einführung der Übertragungsspannung von 400 kV befassen, da die bisher im „Supergrid“ angewandte Spannung mit 275 kV nicht mehr lange Zeit ausreichen wird. Im Berichtsjahr wurde das Übertragungsnetz des Generating Board um 1 087 Meilen, jenes der Area um 8 436 Meilen erweitert. Betrieben wurden somit am 31. März 1961 insgesamt rd. 275 000 Systemmeilen Hochspannungsleitungen. In der Niederspannungsverteilung ist ein Zuwachs der Verteilungen um 3,3% und der Transformatorleistung um 7,3% festzuhalten.

Weitgehende Fortschritte wurden in der Vereinheitlichung der Gebrauchsspannung erzielt. Es wurde die Gleichstromverteilung bis auf einen kleinen Rest aufge-

lassen, ebenso Wechselstromverteilungen nicht genormter Spannung.

Die Einkünfte aus dem Stromverkauf (97,8% der Gesamteinnahmen) betrugen 592,3 Mio £. Die kWh erbrachte im Mittel 1,48 pence (gegen 1,505 pence im Vorjahr). Die Gesamtausgaben wurden mit 589,17 Mio £ nachgewiesen. Der Gewinn wird der Finanzierung zugewiesen. Der Kapitalbedarf betrug 289,4 Mio £.

Der thermische Wirkungsgrad stieg von 26,53% im Berichtsvorjahr auf 26,80%, der Stand des beschäftigten Personals von 188 613 auf 193 174.

Verbraucht wurden 48,1 Mio t Kohle gegenüber 43,3 Mio t im Berichtsvorjahr. 5,3 Mio t Schweröl (ihr Kohlenäquivalent wird mit 8,9 Mio t angegeben) wurden verheizt, somit um 0,9 Mio t mehr als im Vorjahr. Dem Bericht ist zu entnehmen, daß das Bestreben besteht, die vorhandenen Lagerbestände an Kohle auf den Bedarf von 6 Wochen abzubauen.

Das Unternehmen läßt eine rege Forschertätigkeit durch sein Electricity Supply Research Council ausüben. Die Kosten der Forschung betrugen 4,9 Mio £. Die Forschung auf dem nuklearen Gebiet ist mit der Atomic Energy Authority abgestimmt. Weitere Forschungsgebiete sind die 400-kV-Übertragung und die Isolation der Teile dieser Übertragung, ihre Radiostörungen, der wärterlose Betrieb der Kraftwerke und die Gleichstromübertragung.

Über die Elektrizitätswirtschaft Japans sei kurz berichtet: Die Einwohnerzahl betrug 1956 knapp über 90 Millionen, für 1962 wird sie auf 94,6 Millionen geschätzt. Am 31. März 1959 waren in der öffentlichen Versorgung Japans 15 778 MW installiert, hievon hydraulisch 9 905, thermisch 5 873 MW. Der Jahresverbrauch betrug 72,15 TWh, von welchem 88% die öffentliche Versorgung deckte.

Auffallend ist der Unterschied der Frequenzen im Osten und Westen, u. zw. 50 bzw. 60 Per/s. Im Grenzgebiet werden die Generatoren als Zweifrequenz-Generatoren ausgeführt, die dann auch zur unbefriedigenden Frequenzumformung dienen, weshalb erwogen wird, Frequenzumformer oder die Umformung über den Gleichstrom einzuführen.

Die öffentliche Versorgung wird zum größten Teil durch neun große Unternehmen getätigt, von welchen sieben im Verbundbetrieb arbeiten. Es ist verständlich, daß das Verwenden von zwei Frequenzen dem Verbundbetrieb große Widerstände entgegengesetzt.

Der hydraulische Ausbau wird gepflegt und es befinden sich Speicherwerke mit Kavernenkraftwerken im Ausbau, bzw. in Vorbereitung. In den letzten Jahren wurden die folgenden größeren Speicherwerke in Betrieb genommen: Sakuma, 350 MW, Schwergewichtsmauer 150 m hoch; Tonoyama, 150 MW, Bogenmauer 164,5 m hoch; in Errichtung ist die Anlage Tagokura, 380 MW, 145 m hoch, Schwergewichtsmauer, große Generatoreinheiten von 105 MVA, und Okutadami, 360 MW, 157 m hohe Schwergewichtsmauer.

Die kalorische Kapazität wurde in einem Jahr um über 1 GW erhöht. Der optimale thermische Wirkungsgrad ist 36,9%. es gelangen Einheiten bis 265 MW zur Aufstellung. Untersucht werden die Erzeugung von großen Dampfturbinen mit zufriedenstellendem Wirkungsgrad bei kleinerer Teilbelastung, der Bau von Gasturbinen (eine kleinere Gasturbine ist bereits in Betrieb), die Gleichstromübertragung durch Seekabel bei der Verbindung der Inseln untereinander, die Automatisierung und Fernbedienung der Wasserkraftwerke.

In der Vorkriegszeit wurde die Übertragung mit 110 und 154 kV getätigt, die Leitungen wurden über Petersenspulen geerdet, heute erfolgt die Großkraftübertragung und die Kupplung der Großkraftwerke mit 187, 220 und 275 kV. Es ist allgemein üblich, die Hochspannungsleitungen mit Zweierbündeln auszustatten.

Der ÖNA (Österr. Normenausschuß) hat die folgenden neuen ÖNORMEN herausgebracht:

- M 5115 2., geänderte Ausgabe, Halbrundsrauben mit Längsschlitz, metrisches Gewinde oder Feingewinde,
M 5119 2., geänderte Ausgabe, Zylinderschrauben mit Längsschlitz, metrisches Gewinde oder Feingewinde,
M 5124 2., geänderte Ausgabe, Senkschrauben mit Längsschlitz, großer Kopf, metrisches Gewinde oder Feingewinde.

Zu beziehen in der Geschäftsstelle des ÖNA, Wien I, Bauernmarkt 13.

Am 5. und 6. Oktober fand eine Pressefahrt zu den Anlagen der Österr. Draukraftwerke statt, an der 48 Journalisten verschiedener Tages-, Wochen-, Wirtschafts- und technischer Zeitungen des Inlandes teilnahmen. Es wurde das Dampfkraftwerk Zeltweg besichtigt, dessen maschinelle Montage soweit fortgeschritten ist, daß der Betrieb im August 1962 aufgenommen werden kann. Der Vorstand der ÖDK referierte über die technischen und wirtschaftlichen Probleme gegenwärtiger und künftiger Bauvorhaben dieser Sondergesellschaft; auf den Bericht folgte eine Diskussion, in deren Verlauf in freimütiger Weise die Anfragen der anwesenden Journalisten beantwortet wurden.

Im Dampfkraftwerk St. Andrä wurden die Teilnehmer mit dem Kohlenproblem vertraut gemacht, dessen Lösung einer Regelung auf höchster Ebene vorbehalten bleibt. Auf der Baustelle Edling wurden die Arbeiten im Krafthaus besichtigt; der erste Maschinensatz soll im Mai 1962, der zweite vier Wochen später in Betrieb gehen. Damit wird die österreichische Energiewirtschaft um 360 GWh pro Jahr bereichert.

Generaldirektor Dr. Czajka der NIOGAS veröffentlichte in der Zeitschrift Gas-Wasser-Wärme einen am 16. Mai d. J. gehaltenen Vortrag über „Die Entwicklungsgeschichte und die Anlagen der NIOGAS“, dem über das Fernheizkraftwerk Mödling folgendes zu entnehmen ist:

Durch den derzeitigen Raummangel gezwungen, errichten NEWAG und NIOGAS im Raume Maria Enzersdorf ein neues gemeinsames Verwaltungsgebäude, dessen Wärmeversorgung, gemeinsam mit der des neuen Verwaltungsgebäudes der Bezirkshauptmannschaft Mödling und des erweiterten Krankenhauses durch das in Errichtung befindliche Fernheizkraftwerk Mödling erfolgen wird. Es ist für die Kapazität von 20 Mio kcal und für die elektrische Leistung von 2,7 MW ausgelegt. Aufgestellt werden zwei Hochleistungsampfkessel 20/24 t/h und 12/15 t/h, 64 atü, 500 °C mit einem Turbosatz für 2,7 MW. Wärmeträger ist Heißwasser max. 140 °C und Dampf 4 atü, bzw. 12 atü ab Werk. Das Fernheizkraftwerk ist erweiterungsfähig. Ein Aufsatz hierüber folgt.

Über die Bauarbeiten am Kraftwerk Losenstein ist in Ergänzung der Mitteilungen in der ÖZE 6/1960 und 5/1961 folgendes zu berichten:

Die Bauarbeiten für das Kraftwerk sind bis Ende August 1961 soweit fortgesetzt worden, daß am 9. August 1961 bzw. am 28. August 1961 die Freigabe der Saugrohrschüsse für die Turbine I bzw. Turbine II erfolgte. Anschließend wurde der Spiralkegelblock betonierte, wodurch eine Unterbrechung der Turbinenmontage bis Anfang November 1961 eintrat. Beim Betriebsgebäude wurden nach Fertigstellung des Rohbaues die Scheindecke samt Gipsputz, die Putzarbeiten einschließlich Weißigung, die Glasbausteinfenster sowie die Fliesen- und Pflasterungsarbeiten fertiggestellt. An der Werksiedlung Losenstein — Nord- und Südblock — sind die Arbeiten beendet.

Seit Baubeginn bis Ende August 1961 wurden für das Hauptbauwerk 43 000 m³ ungebundener Boden abgetragen, 81 000 m³ Fels ausgebrochen, 74 000 m³ Beton mit 910 t Rundstahl eingebracht und 30 000 m² Schalung hergestellt.

Im Rückstauraum werden die Sicherungsarbeiten für die Ufer der Enns und die Böschungen des Eisenbahndammes fortgesetzt. Im Mai 1961 wurden die Bauarbeiten für den Umbau der Krennbrücke abgeschlossen. Die Arbeiten im neuen Ortsbereich von Reichraming werden demnächst beendet sein.

Im August 1961 waren auf der Baustelle insgesamt 384 Menschen beschäftigt, und zwar 218 Facharbeiter, 128 Hilfsarbeiter und 38 Angestellte. A. Koci

Mitteilungen des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs

Elektroschutz bei Bau- und Montagearbeiten

Im Heft 6 der ÖZE, 14. Jg. (S. 271) kündigten wir an, daß wir — genügendes Interesse vorausgesetzt — beabsichtigen, eine von Dipl.-Ing. Dr. H. KRAUS verfaßte Broschüre „Elektroschutz bei Bau- und Montagearbeiten“ herauszugeben.

Das nun — in geschmackvoller Ausstattung — vorliegende Büchlein, welchem 1961 ein Anerkennungspreis der Stiftung für wissenschaftliche Arbeiten der Kammer für Arbeiter und Angestellte, Wien, verliehen wurde, sollte wohl in keiner Fachbibliothek der Elektrizitätsversorgungsunternehmen, des Baugewerbes sowie der Elektroinstallationsunternehmen fehlen. Es kann allen in der Bauwirtschaft Tätigen, allen Monteuren, aber auch Sicherheitstechnikern und Lehrern an Fortbildungs- und Gewerbeschulen zur Beachtung und als Unterrichtsstoffsammlung bestens empfohlen werden. Die Broschüre wäre sicherlich ein zweckmäßiges Buchgeschenk für alle Elektriker, welche ihre Lehre erfolgreich beendet haben und auch als Weihnachtsgeschenk willkommen. Es soll ein kleiner Beitrag zu den allgemeinen Bemühungen um eine wirksame Senkung der Unfallziffer sein, denn wer eine Gefahr kennt, wird Vor-

sicht walten lassen — und das soll letzten Endes bezweckt werden.

Das mit cellophanisiertem Umschlag versehene Büchlein in Format DIN A 5 umfaßt 144 Seiten, 36 Abbildungen. Es ist zum Einzelpreis von S 40,— zuzüglich Versandkosten, vom Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Wien IV, Brahmplatz 3, Telefon: 65 17 27 prompt lieferbar.

Kk.

Unfallverhütungspakat VEÖ 4 — Achtung Kabel!

Das im Mai dieses Jahres herausgebrachte Plakat VEÖ 2 „Bei Grabarbeiten Achtung auf elektrische Kabel“ (siehe ÖZE, 14. Jg., H. 7, S. 305) zeigte eine Kabelbeschädigung mittels Preßluftbohrer und wies im Mittelgrund auch auf die Gefahr durch die Spitzhacke hin. Nun häufen sich jedoch Kabelbeschädigungen und in deren Gefolge auch Unfälle durch Bagger in letzter Zeit immer mehr. So ereignete sich im August dieses Jahres nachstehend geschilderter Unfall.

Im Zuge von Grabarbeiten in einem Städtischen Schlachthof wurde ein Kabel von einem Bagger bloßgelegt und abgerissen. Der Werkselektriker war der Meinung, es handle

sich um ein betriebseigenes Niederspannungskabel, während es in Wirklichkeit ein 5-kV-Kabel des stromliefernden Elektrizitätsversorgungsunternehmens war. Die beiden Kabel verlaufen an der Unglücksstelle in geringer Entfernung parallel zueinander. Der Werkselektriker schaltete die gesamte Niederspannungs-Verteilanlage des Betriebes ab und stocherte — zum Zwecke der Prüfung der Spannungsfreiheit (!) — mit einem Krampen in beiden Kabelenden herum. Da sich — er schlug nicht hinein, sondern stocherte nur — nichts ereignete, bestärkte ihn dies in seiner vorgefaßten Meinung. Er ging nun daran, die abgerissenen Enden abzumanteln, wobei ihm ein Schlosser behilflich war. Während dieser Arbeit kam es sodann zu einem Kurzschlußlichtbogen, wodurch die Arbeitenden an den Händen Verbrennungen erlitten. Beim Abreißen des Kabels war im nördlich gelegenen Umspannwerk eine Kurzunterbrechung des betreffenden Leitungsabzweiges erfolgt, wodurch offenbar der entstandene Kurzschluß gelöscht wurde und nicht mehr zündete. Die Abrißstelle war sodann von der Erde isoliert gewesen und außerdem hatte zwischen den Leitungsphasen keine Berührung bestanden, so daß die Schutzeinrichtungen dieses Kabelzweiges nicht in Tätigkeit traten.

Da die immer zahlreicher vorkommenden Kabelbeschädigungen nicht nur Unfallsgefahren heraufbeschwören, sondern auch Stromausfälle und somit Produktionsausfälle mit sich bringen, haben wir ein neues Plakat, dem ein freundlicherweise von den Wiener Stadtwerken, Elektrizitätswerke, beigestellter Entwurf zugrundeliegt, herausgegeben. Es ist wie die bisherigen in Format DIN A 4 gehalten, jedoch in Mehrfarbendruck hergestellt und kann zum Einzelpreis von S 2,—, zuzüglich Versandkosten, beim Ver-



band der Elektrizitätswerke Österreichs, Wien IV, Brahmplatz 3, — Telefon 65 17 27 — bezogen werden.

Kk.

Mitteilungen des Bundeslastverteilers

Die österreichische Elektrizitätsversorgung im September 1961

I. Gesamte Elektrizitätsversorgung (EVU, Industrie-Eigenanlagen, ÖBB)

Die Erzeugungsmöglichkeit in den Laufkraftwerken der Elektrizitätsversorgungsunternehmen war im Berichtsmonat um 22% kleiner als der Wert des langjährigen Durchschnittes. Die gesamte Wasserkrafterzeugung erreichte nur 882 GWh und blieb damit um 262 GWh hinter dem Vergleichswert des Vorjahres zurück. Hingegen übertraf die Wasserkrafterzeugung von 508 GWh die kalorische Erzeugung vom September 1960 um 237 GWh. In den kalorischen Kraftwerken wurden 271 GWh aus Braunkohle, 129 GWh aus Erdgas, 70 GWh aus Heizöl, 25 GWh aus Koks- und Gichtgas, 1 GWh aus Steinkohle und 12 GWh aus sonstigen Brennstoffen erzeugt.

Die Einfuhr elektrischer Energie war im Berichtsmonat mit 33 GWh gleich groß wie im September des Vorjahres. Aus Deutschland wurden 31 GWh, aus der Schweiz 2 GWh importiert. Nach Abzug der zum Betrieb der Speicherpumpen in den Kraftwerken der Vorarlberger Illwerke AG eingeführten Energiemengen verbleibt eine Einfuhr von 4 GWh gegenüber 17 GWh im September 1960.

Der Stromexport erreichte nur 235 GWh und blieb damit um 63 GWh hinter der Ausfuhr vom Vergleichsmonat des Vorjahres zurück. Nach Deutschland wurden 210 GWh, nach der CSSR 16 GWh und nach Italien 9 GWh ausgeführt. Wird der aus der Pumpspeicherung stammende Exportanteil eliminiert, verbleibt eine Ausfuhr von 222 GWh gegenüber 277 GWh im Bezugsmonat des Vorjahres. Der Verbrauch elektrischer Energie hat in Österreich wie folgt zugenommen:

	Verbrauch		Zunahme gegenüber	
	Sept. 1960 GWh	Sept. 1961 GWh	Sept. 1960 GWh	%
Verbrauch mit Ranshofen mit Pumpspeicherung	1 150	1 188	38	3,3
Verbrauch mit Ranshofen ohne Pumpspeicherung	1 099	1 143	44	4,0
Verbrauch ohne Ranshofen mit Pumpspeicherung	1 052	1 091	39	3,7
Verbrauch ohne Ranshofen ohne Pumpspeicherung	1 001	1 046	45	4,5

Zur Deckung des Mehrverbrauches von 38 GWh und der Minderaufbringung der Österreichischen Bundesbahnen von 4 GWh und der Industrie-Eigenanlagen von 2 GWh mußten die Elektrizitätsversorgungsunternehmen um 44 GWh mehr aufbringen als im September des Vorjahres. Im Kraftwerk der Hütte Linz wurden im Berichtsmonat 21 GWh, im September 1960 4 GWh im Auftrag des Hauptlastverteilers der Verbundgesellschaft für die öffentliche Elektrizitätsversorgung erzeugt. Wird diese Erzeugung nicht berücksichtigt, zeigt sich, daß die Produktion der Industrie-Eigenanlagen um 19 GWh geringer war als im Vergleichsmonat 1960.

Der Inhalt der Jahresspeicher entsprach am 30. September einem Arbeitsvermögen von 833 GWh oder einem Füllungsgrad von 81,9% gegenüber einem Arbeitsvermögen von 978 GWh, bzw. einem Füllungsgrad von 96,5% zum gleichen Zeitpunkt des Vorjahres.

Die Summenlinie der Belastungsabläufe im Bereich der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Industrie-Eigen-

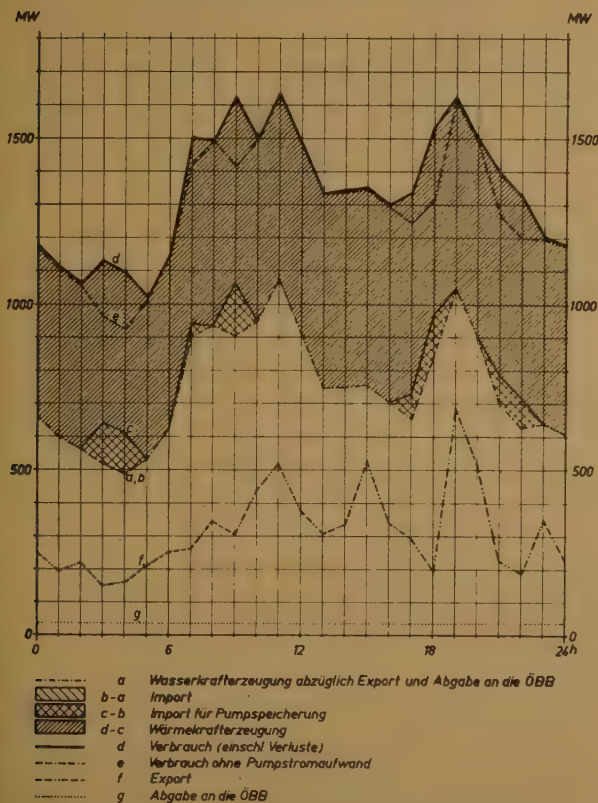
anlagen zeigt am 3. Mittwoch des Monats einen Maximalwert von 1 913 MW (ohne Pumpstromaufwand).

Die vorläufigen Ergebnisse über die abgelaufenen drei Quartale zeigt nachstehende Tabelle in GWh: -

		Januar-Sept. 1960	1961	Steigerung in %
Erzeugung der EVU	Wasserkraft	7 926	8 226	3,8
	Wärmekraft	1 823	2 117	16,1
	Summe	9 749	10 343	6,1
Erzeugung der Industrie- Eigenanlagen	Wasserkraft	781	784	0,4
	Wärmekraft ¹⁾	1 054	1 082	2,7
	Summe	1 835	1 866	1,7
Erzeugung der ÖBB	Wasserkraft	377	414	9,8
	Wärmekraft	9 084	9 424	3,7
	Summe	2 877	3 199	11,2
Gesamt- erzeugung	Summe	11 961	12 623	5,5
Import		245	224	-8,6
Import für Pumpspeicherung		225	187	-16,9

Tagesdiagramm

der beanspruchten Leistung in Österreich
Mittwoch, den 20. IX. 1961
Öffentliche Elektrizitätsversorgung



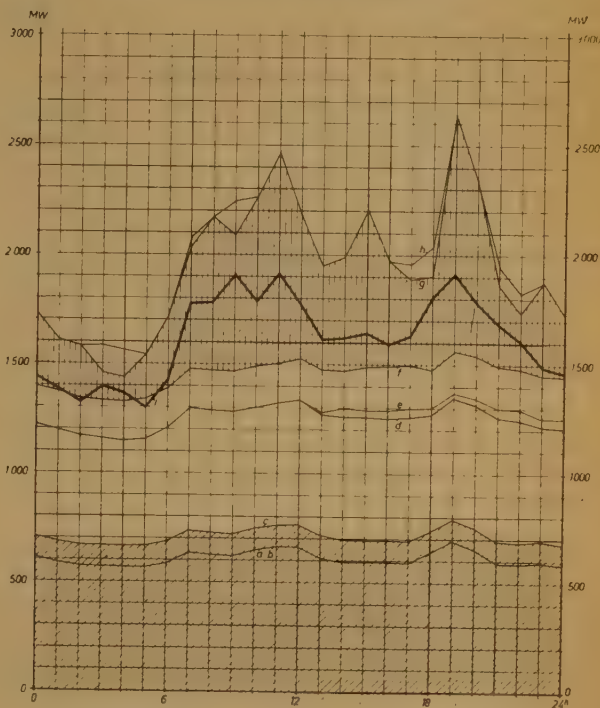
Stromerzeugung und -verbrauch am 20. IX. 1961	
Wasserkrafterzeugung (abzüglich Export und Abgabe an die ÖBB)	18,61 GWh
Import	0,80 "
Wärmekrafterzeugung	13,35 "
Verbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)	32,76 GWh
Export	8,41 GWh
Abgabe an die ÖBB	0,84 "
Gesamterzeugung und Import	42,01 GWh

	Januar-Sept. 1960	1961	Steigerung in %
Export	1 859	2 133	14,7
Export aus Pumpspeicherung	216	179	-17,1
Verbrauch (einschl. Verluste) mit Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	10 356	10 722	3,5
ohne Pumpstromaufwand	9 727	10 217	5,0
ohne Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	9 465	9 845	4,0
ohne Pumpstromaufwand	8 836	9 340	5,7

¹⁾ einschließlich Erzeugung des Kraftwerkes der Hütte Linz für die öffentliche Elektrizitätsversorgung 1960: 61 GWh
1961: 29 GWh

Tagesdiagramm

der beanspruchten Leistung in Österreich
Mittwoch, den 20. IX. 1961
Elektrizitätsversorgungsunternehmen und
Industrie-Eigenanlagen



- a Laufwerkserzeugung der EVU
- c-a Laufwerkserzeugung der Industrie-Eigenanlagen
- c Gesamte Laufwerkserzeugung
- b-a Abgabe der Industrie-Eigenanlagen an EVU (aus Wasserkrafterzeugung)
- d-c Wärmekrafterzeugung der EVU
- f-c Wärmekrafterzeugung der Industrie-Eigenanlagen
- f-c Gesamte Wärmekrafterzeugung
- e-d Abgabe der Industrie-Eigenanlagen an EVU (aus Wärmekrafterzeugung)
- g-f Speichererzeugung der EVU
- g Gesamterzeugung
- h-g Import
- h Gesamtaufbringung (Erzeugung + Import)
- i Inlandverbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)
- h-i Export + Abgabe an ÖBB

Stromerzeugung und -verbrauch am 20. IX. 1961

Laufwerkserzeugung der EVU	14,65 GWh
Laufwerkserzeugung der Industrie-Eigenanlagen	2,40 "
Wärmekrafterzeugung der EVU	12,90 "
Wärmekrafterzeugung der Industrie-Eigenanlagen	4,95 "
Speicherwerkserzeugung der EVU	13,12 "
Import	0,80 "
Gesamterzeugung und Import	48,82 GWh
Export und Abgabe an die ÖBB	9,25 GWh
Verbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)	39,57 GWh

I. Gesamte Elektrizitätsversorgung in Österreich *

Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU), Industrie-Eigenanlagen, Kraftwerke der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB)
Angaben in GWh

Angaben in GWh														
Monat	Erzeugung								Import	Erzeugung und Import	Export	Inlandsverbr. einschl. sämtl. Verluste		
	EVU		Industrie-Eigenanlagen		ÖBB Wasser-kraft	Summe						Ins-gesamt	Ins-gesamt	ohne Pump-strom
	Wasser-kraft	Wärme-kraft	Wasser-kraft	Wärme-kraft		Wasser-kraft	Wärme-kraft							
1	2	3	4	5	6	7 = 2 + 4 + 6	8 = 3 + 5	9 = 7 + 8	10	11 = 9 + 10	12	13	13a	
1960														
Januar	510	417	55	180	27	592	597	1189	92	1281	73	1208	1155	
Februar . . .	515	405	53	130	27	595	535	1130	91	1221	87	1134	1091	
März	766	252	76	113	33	875	365	1240	65	1305	134	1171	1122	
April	837	206	86	98	29	952	304	1256	43	1299	216	1083	1046	
Mai	1013	138	100	118	47	1160	256	1416	47	1463	286	1177	1073	
Juni	1078	77	100	94	54	1232	171	1403	31	1434	306	1128	1016	
Juli	1076	90	103	103	55	1234	193	1427	48	1475	300	1175	1057	
August	1139	85	106	100	55	1300	185	1485	20	1505	375	1130	1068	
September . .	992	153	102	118	50	1144	271	1415	33	1448	298	1150	1099	
Jan. bis Sept.	7926	1823	781	1054	377	9084	2877	11961	470	12431	2075	10356	9727	

1961													
Januar	659	407	59	148	37	755	555	1310	77	1387	100	1287	1261
Februar ...	614	310	62	118	38	714	428	1142	65	1207	72	1135	1104
März	803	252	84	128	43	930	380	1310	63	1373	159	1214	1183
April	955	156	97	109	48	1100	265	1365	38	1403	293	1110	1073
Mai	1142	136	107	105	49	1289	241	1539	28	1567	389	1178	1117
Juni	1162	123	106	103	56	1324	226	1550	34	1584	367	1217	1096
Juli	1072	161	99	113	55	1226	274	1500	44	1544	336	1208	1106
August	1045	208	96	114	54	1195	322	1517	29	1546	361	1185	1134
September .	774	364	74	144	34	882	508	1390	33	1423	235	1188	1143
Jan. bis Sept.	8226	2117	784	1082	414	9424	3199	12623	411	13034	2312	10722	10217

II. Öffentliche Elektrizitätsversorgung in Österreich *

Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) einschl. Industrie-Einspeisung
Angaben in GWh

Angaben in GWh													
Monat	Erzeugung							Import	Erzeugung und Import	Export	Abgabe an ÖBB	Inlandsverbr. einschl. sämtl. Verluste	
	EVU		Industrie-Einspeisung		Summe							Ins-gesamt	ohne Pump-strom
	Wasser-kraft	Wärme-kraft	Wasser-kraft	Wärme-kraft	Wasser-kraft	Wärme-kraft	Ins-gesamt						
1	2	3	4	5	6 = 2 + 4	7 = 3 + 5	8 = 6 + 7	9	10 = 8 + 9	11	12	13	13a
1960													
Januar	510	417	5	44	515	461	976	81	1057	73	22	962	909
Februar ...	515	405	5	3	520	408	928	82	1010	87	21	902	859
März	766	252	8	1	774	253	1027	58	1085	134	22	929	880
April	837	206	9	2	846	208	1054	36	1090	216	22	852	815
Mai	1013	138	15	14	1028	152	1180	47	1227	274	21	932	828
Juni	1078	77	18	1	1096	78	1174	31	1205	289	20	896	784
Juli	1076	90	17	6	1093	96	1189	48	1237	283	23	931	813
August	1139	85	20	1	1159	86	1245	20	1265	362	22	881	819
September .	992	153	16	5	1008	158	1166	33	1199	287	22	890	839
Jan. bis Sept.	7926	1823	113	77	8039	1900	9939	436	10375	2005	195	8175	7546

1961													
Januar	659	407	4	11	663	418	1081	75	1156	100	21	1035	1009
Februar ...	614	310	6	5	620	315	935	63	998	72	15	911	880
März	803	252	11	2	814	254	1068	61	1129	159	18	952	921
April	955	156	19	2	974	158	1132	38	1170	292	10	868	831
Mai	1142	136	24	1	1166	137	1303	28	1331	377	21	933	872
Juni	1162	123	23	1	1185	124	1309	34	1343	350	22	971	850
Juli	1072	161	22	1	1094	162	1256	44	1300	320	25	955	853
August	1045	208	23	2	1068	210	1278	29	1307	346	25	936	885
September .	774	364	9	21	783	385	1168	32	1200	235	25	940	895
Jan. bis Sept.	8226	2117	141	46	8367	2163	10530	404	10934	2251	182	8501	7996

* Richtigstellungen für 1961 vorbehalten.

II. Öffentliche Elektrizitätsversorgung (EVU einschließlich Industrie-Einspeisung)

Für die öffentliche Elektrizitätsversorgung wurden 783 GWh aus Wasserkraft und 385 GWh aus Wärmekraft erzeugt gegenüber 1 008 GWh und 158 GWh im September des Vorjahres. Von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen wurden 32 GWh eingeführt und 235 GWh exportiert. Im Vergleichsmonat des Vorjahres hatte die Einfuhr 33 GWh, die Ausfuhr 287 GWh betragen. Wird der Import für den Betrieb der Speicherpumpen und der entsprechende Exportanteil außer Betracht gelassen, verbleibt eine Einfuhr von 3 GWh gegenüber 17 GWh und eine Ausfuhr von 222 GWh gegenüber 257 GWh im Vergleichsmonat 1960.

An die Österreichischen Bundesbahnen wurden über Umformer 25 GWh aus dem öffentlichen Netz abgegeben.

Infolge des forcierten Einsatzes der Wärmekraftwerke war der Kohlenvorrat auf den Lagerplätzen der Dampfkraftwerke am 30. September zwar niedriger als Ende August, mit 623 704 t Kohle (SKB) jedoch noch immer höher als zum gleichen Zeitpunkt des Vorjahres (599 069 t SKB). Der Vorrat an Heizöl betrug 39 551 t (43 700 t). Das Arbeitsvermögen dieser Vorräte war am 30. September 1 226 GWh äquivalent gegenüber 1 197 GWh zum gleichen Zeitpunkt des Vorjahres.

Im Bereich der öffentlichen Elektrizitätsversorgung waren folgende Verbrauchszunahmen zu verzeichnen:

	Verbrauch		Zunahme gegenüber	
	Sept. 1960	Sept. 1961	Sept. 1960	%
	GWh	GWh	GWh	
Verbrauch mit Ranshofen				
mit Pumpspeicherung	890	940	50	5,6
Verbrauch mit Ranshofen				
ohne Pumpspeicherung	839	895	56	6,7
Verbrauch ohne Ranshofen				
mit Pumpspeicherung	792	843	51	6,4
Verbrauch ohne Ranshofen				
ohne Pumpspeicherung	741	798	57	7,7

Am dritten Mittwoch des Berichtsmonates zeigte der inländische Belastungsablauf einen Maximalwert von 1 635 MW (ohne Pumpstromaufwand). Der Höchstwert vom Vergleichstag des Vorjahres wurde um 5,7%, nach Abzug der Leistungsabnahme des Aluminiumwerkes Ranshofen um 6,4% übertroffen.

Am 12. September wurde im Kraftwerk Schütt II der Kelag der Probebetrieb mit 12,5 MVA aufgenommen. Das alte Kraftwerk Schütt wird bei entsprechender Wasserdarbie-tung mit zwei Maschinensätzen (zusammen 3,75 MVA) weiter betrieben.

Die vorläufigen Ergebnisse über Erzeugung, Import, Export und Inlandverbrauch in den abgelaufenen neun Mo-naten des laufenden Jahres zeigt folgende Tabelle in GWh:

	Januar bis September		Steigerung
	1960	1961	in %
Erzeugung Wasserkraft	8 039	8 367	4,1
Erzeugung Wärmekraft	1 900	2 163	13,8
Summe Erzeugung	9 939	10 530	5,9
Import	211	217	2,8
Import für Pumpspeicherung	225	187	-16,9
Erzeugung und Import	10 357	10 934	5,4
Export	1 789	2 072	15,8
Export aus Pumpspeicherung	216	179	-17,1
Gesamte Inlandabgabe	8 370	8 683	3,7
Abgabe an ÖBB	195	182	-6,6

Verbrauch (einschl. Verluste)			
mit Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	8 175	8 501	4,0
ohne Pumpstromaufwand	7 546	7 996	6,0
ohne Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	7 284	7 624	4,7
ohne Pumpstromaufwand	6 655	7 119	7,0

Buchbesprechungen

Neuzeitliches Buchführen. Von Dr. LEOPOLD L. ILLETSCHKO. Achte Auflage. 160 S. (Ruf-Organisationsschriften: Band I). Wien: Verlag Ruf-Buchhaltung Ges. m. b. H. 1961. Kart. S 66,—.

Der Titel des Buches ist auch bei dieser Neuauflage dem Verfasser Verpflichtung geblieben, den letzten Stand der in hohem Maße von ihm mitbestimmten Entwicklung des betrieblichen Rechnungswesens auch im Zusammenhang mit der immer fortschreitenden Maschinenanwendung in der Buchhaltung darzulegen. Das schon in der ersten Auflage sehr glücklich gewählte Grundgerüst der Stoffeinteilung wurde beibehalten. In diesem Rahmen sind nun die betriebswirtschaftlichen Grundbegriffe, die Buchhaltungsvorschriften und der ÖKW-Kontenrahmen wiederum sehr prä-zise erläutert. Das Buchungsmodell gibt in bewährter Form einen vollständigen Muster-Geschäftsgang von der Aufstel-lung des Kontenplanes und den Eröffnungsbuchungen bis zu den Abschlusarbeiten. Von den neuen Kapiteln sind die Verbuchung der Steuern und die Gewinnung von Kontroll- und Kennzahlen hervorzuheben. Der systematische und alphabetische Buchungsschlüssel läßt sich an Hand des eigen-ten Kontenplanes leicht erweitern und wird dann die mit der Kontierung der Belege verbundene Arbeit außerordent-lich erleichtern. Wenn mit der vorliegenden Auflage fast 35 000 Exemplare dieses Werkes abgesetzt sind, so ist dieser Erfolg nicht zuletzt der klaren Sprache und leicht verständ-

lichen Darstellungsweise zu danken. Mit den Bänden „Praktische Kostenrechnung“ und „Bilanz des Praktikers“ bietet die Reihe der Ruf-Organisationsschriften eine ge-schlossene Darstellung der betrieblichen Verrechnungslehre.

A. BARWIG, Graz

Lexikon der Hochfrequenz-, Nachrichten- und Elektrotechnik. Herausgeber CURT RINT. Band V: Wörterbuchband. 469 S. München: Porta-Verlag KG. Berlin: Verlag-Technik. In Ganzleder DM 19,80.

In den Heften 1, S. 30, und 6, S. 378 des Jahrganges 1959 und in den Heften 1, S. 35, und 8, S. 599 des Jahr-ganges 1960 wurde auf die vier Bände des Lexikons der Hochfrequenz-, Nachrichten- und Elektrotechnik hinge-wiesen. Nunmehr erschien der Band V, der Wörterbuchband des Lexikons, der dieses Fachlexikon zu einem Fachdikonär erweitert. Der Wörterbuchband schließt das Werk ab, dem ein fester Platz in den Bibliotheken, den Konstruktionsbüros, Laboratorien und Hochschulen gebührt und das sicherlich als Nachschlagwerk von allen Fachleuten, die sich auch mit Fremdsprachen befassen müssen, gerne herangezogen wird. Ein Ergänzungsband, der dieses moderne Werk auf dem neuesten Stand der Technik hält, soll Ende 1962 erscheinen.

DIE SCHRIFTFLEITUNG

Watt Ihr Volt. Allerhand Kurzschlüsse. Von E. SCHMELCHER. Mit 77 Bildern, 124 Seiten. Essen: Vulkan-Verlag Dr. W. Classen. Englisch, broschiert DM 7,60, Leinen DM 9,60.

Unter diesem ungewöhnlichen Titel hat der Herausgeber eine Auswahl von Anekdoten, Witzen und Stülblüten zusammengefaßt, die ihm während seiner langjährigen Berufstätigkeit bei einem der größten deutschen Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen begegnet sind. Einleitend wird von großen Männern erzählt, von denen manche die Tragweite ihrer eigenen Erfindungen nicht abschätzen konnten, wie z. B. Weber und selbst Siemens. In den darauf folgenden Geschichten aus der Pionierzeit wird dargelegt, welche kuriosen Erwartungen manche Leute hinsichtlich der Elektrizität hegten und andererseits in einem etwas später wiedergegebenen erfundenen „offenen Brief“ einer Hausgehilfin an Werner Siemens aus dem Jahre 1882 der vollelektrifizierte Haushalt der Jetztzeit als Wunschtraum vorhergesagt. Der Verfasser weist mit Recht darauf hin, daß wir uns heute bei der Atomenergie in einer ähnlichen Situation befinden, wie die Leute vor 70 Jahren gegenüber der Elektrizität.

Auf diesen mehr besinnlichen Teil folgen die „Kurzschlüsse“ aller Art in bunter Mischung, wozu alle beitragen, die mit dem Strom zu tun haben: Ingenieure, Monteure, Schaltwärter, Kassierer, E-Werke, Behörden und Stromabnehmer. Das Büchlein ist nett illustriert und kann manchem, der sich mit der Elektrizität befaßt, einige vergnügte Stunden bereiten.

J. GERSTBACH, Wien

Jahrbuch des Eisenbahnwesens. 11. Folge. 125 Jahre deutsche Eisenbahn. Herausgeber TH. VOGEL. Schriftleiter E. KADENBACH. 252. Seiten, 185 Abbildungen, zahlreiche Tabellen im Text. Darmstadt: Carl-Röhrig-Verlag. 1960. DM 14,80.

Das vorliegende Jahrbuch, herausgegeben von Prof. Dr. Vogel (München), ist der Erinnerung an die 125. Wiederkehr des Geburtstages der deutschen Eisenbahn gewidmet. Der Vielfältigkeit des Eisenbahnwesens tragen die 15, von

bekannten Fachleuten ausgezeichnet geschriebenen Beiträge Rechnung. Die einleitende Arbeit beschäftigt sich mit den Zielen und Mitteln der europäischen Zusammenarbeit im Verkehr und zeigt die großen Anstrengungen, den Verkehrsbedürfnissen gerecht zu werden. Der Einfluß des Verkehrs auf die Gestaltung von Städten und der Neubau des sehr beengten Personenbahnhofes der schweizerischen Hauptstadt werden in zwei Berichten dargestellt, an die sich ein solcher mit den Forderungen, die die Elektrowirtschaft an den Ingenieur stellt, anschließt. Die Elektronik und die Automation im Eisenbahnbetrieb sind Gegenstand von zwei weiteren Studien. Vier Aufsätze beschäftigen sich mit Einzelthemen der deutschen Eisenbahn (Neue Diesellokomotive, 125 Jahre deutsche Eisenbahn, die Deutsche Bundesbahn im Jahre 1959, Wagenpark der Bayerischen Staatseisenbahnen) und einer berichtet über eine schweizerische Speziallokomotive. Über wissenschaftliche Forschungs- und Versuchsarbeiten im Eisenbahnwesen wird in zwei Beiträgen Wesentliches ausgesagt. Für den Nichtfachmann am interessantesten sind wohl die mit viel Fleiß zusammengestellten wichtigsten Ereignisse im Betrieb der Eisenbahnen im Jahre 1959 und die Welt-Eisenbahn-Umschau. Ein hervorragend redigiertes, empfehlenswertes Buch.

L. BAUER, Wien

Die internationalen Zusammenhänge in der Energiewirtschaft. Vorträge und Diskussionsberichte der 11. Arbeitstagung am 6. und 7. April 1960 in der Universität Köln. Mit 12 Abb., 190 S. Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts: Heft 11. München: R. Oldenbourg Verlag. 1960. Brosch. DM 20,—.

Die ÖZE beschäftigte sich eingehend im Heft 8 des Jahrganges 1960 auf S. 562—566 mit der 11. Arbeitstagung des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln, die den internationalen Zusammenhängen in der Energiewirtschaft gewidmet war. Die Vorträge und Diskussionen dieser Tagung sind nunmehr im Verlag Oldenbourg erschienen.

DIE SCHRIFTFLEITUNG

Personalnachrichten

Generaldirektor K. K. Tanzer, Direktor Prof. DDr. L. Musil und Direktor A. Barwig — Auszeichnungen

Der Herr Bundespräsident verlieh das Große Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich in Wür-

digung langjährigen erfolgreichen Wirkens in der Elektrizitätswirtschaft den Vorstandsmitgliedern der STEWEAG Generaldirektor KURT KONRAD TANZER, Direktor Professor Dr. techn. Dr. Ing. E. h. LUDWIG MUSIL und Direktor ARNOLD BARWIG.

Kampf dem Stromtod

Elektrounfälle im Übertragungsleitungsnetz der Österreichischen Bundesbahnen — Analyse eines Jahrzehnts

Von Dr. H. KRAUS, Wien

Mit 2 Textabbildungen

Vorweg sei die bemerkenswerte Tatsache festgehalten, daß die Statistik elektrischer Unfälle im Übertragungsleitungsnetz der Österreichischen Bundesbahnen im Zeitraum 1951—1960 keinen einzigen Elektrounfall des bahneigenen Personals, welches mit der Erhaltung und Betriebsführung dieser Freileitungsanlagen beschäftigt war, aufzeigt. Die Statistik wird eigentlich so zu einer Analyse der Unfälle von Fremdpersonen an diesen Leitungen, die, auch das sei festgehalten, ausschließlich auf deren alleiniges Verschulden zurückzuführen sind.

In dem sich von Vorarlberg bis in den Raum Wien er-

streckenden Übertragungsleitungsnetz¹⁾ der Österreichischen

¹⁾ Übertragungsleitungsnetz der Österreichischen Bundesbahnen

Jahr	Länge in km			
	55 kV		110 kV	
	ein-schleifig	zwei-schleifig	ein-schleifig	zwei-schleifig
1951	371,85	22,95	189,94	367,97
1960	229,12	32,53	0	1 140,41

dieser Stelle befindlichen Gesträuch verhängt haben dürfte, erfolgte durch Hochschnellen eine Berührung des äußersten Leiterseiles der bergseitigen Leiterschleife der 110-kV-Leitung. Erwähnt sei noch, daß der Bodenabstand des genannten Leiterseiles an der Kreuzungsstelle ca. 15 m (da Berührungsstelle des Seilbahnseiles mit dem Leiterseil nur ca. 10 m vom Mast entfernt) und der seitliche Abstand zu den fast senkrecht abfallenden Felsabbrüchen über 20 m betrug. Der Unfall hatte außer der Schockwirkung keine weiteren Folgen für die beteiligten sechs Kinder.

Ein weiterer charakteristischer Unfall ereignete sich dadurch, daß ein Schlosserlehrling ein lenkbares Modellflugzeug steigen ließ, wobei das Lenkseil mit der 110-kV-Leitung in Berührung kam, so daß der Jugendliche Verbrennungen 1. und 2. Grades an Händen und Füßen erlitt.

Bei Seilzugsarbeiten für eine 220-kV-Leitung benützten drei Arbeiter einen Telephondraht zum Aufziehen eines Vorseiles. Bei einem Mast der 220-kV-Leitung, der zwi-

den üblichen Hochspannungsbelehrungen absieht, sich über die Elektrogefahren bewußt gewesen sind. Gleichzeitig war von ihm auch eine Abschaltung einer in der Nähe gelegenen 25-kV-Leitung veranlaßt worden. Diese Leitung war sogar für die Seilzugsarbeiten eingerüstet worden.

Ähnlich ereignete sich der zweite erwähnte Elektrounfall bei Mastmontagearbeiten. Hier war ein zu montierender Ausleger unter der benachbarten 55-kV-Leitung der Österreichischen Bundesbahnen gelagert. Zum Hochziehen war das Seil am Ausleger befestigt, war durch die am Mast eingehängte Rolle geführt worden und sollte nun am Traktor, mit dem man den Ausleger hochziehen wollte, eingehängt werden. Dabei wurde das vorher schlaff durchhängende Seil angespannt und kam mit dem dem Mast näher liegenden 55-kV-Phasenseil in Berührung, wodurch ein Arbeiter einer Elektromontagefirma tödlich verunglückte. Das Aufzugsseil war an dem Phasenseil festgebrannt und wurde erst durch bahneigenes Leitungspersonal losgetrennt.

Schließlich ist bei Betrachtung der Elektrounfälle im gesamten Zeitraum noch die Beschreibung eines Unfalles eines Firmenarbeiters bei Streicharbeiten anzuführen. Ein Anstreicher bestieg mit einem zweiten Firmenangehörigen, der gleichzeitig Partieführer war, einen Mast einer 110-kV-Leitung, der auftragsgemäß überhaupt nicht gestrichen werden sollte, weshalb die Leitung auch nicht abgeschaltet war. Er geriet an einen auf demselben Mast befindlichen Fahrleitungsschalter²⁾ und stürzte ab, da er keinen Sicherheitsgürtel verwendete. Schwere Verbrennungen an Schulter und Hüfte des Arbeiters waren die Folge. Beim vorliegenden Unfall wurde die Grenze des Gefahrenbereiches überschritten, obwohl firmenseitig die Kenntnis derselben schriftlich bestätigt worden war. Die beiden Anstreicher haben sich trotz Kenntnis der Tatsache, daß der Fahrleitungsschalter spannungsführend war, und trotz vorausgegangener Belehrung über das zulässige Maß der Annäherung bei der Arbeit, vorschriftswidrig nah spannungsführenden Teilen genähert.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die vorliegende Analyse (s. Tab. 1) zeigt, daß die seitens der Österreichischen Bundesbahnen getroffenen Sicherheitsmaßnahmen für Bahn fremde bei Arbeiten an und in der Nähe von Leitungsanlagen in Form der Beistellung von Schaltauftragberechtigten, Hochspannungsbelehrungen, Merkblättern usw. ihren sichtbaren Ausdruck in den hier vorliegenden überaus niederen Unfallsziffern eines Jahrzehnts im Übertragungsleitungsnetz der Österreichischen Bundesbahnen finden. Auch die bahns seitig getroffenen Maßnahmen für das bahneigene Erhaltungspersonal der Leitungsanlagen in Form von monatlichen Pflichtunterrichten, periodischen Übungen für Erste Hilfeleistung durch Ärzte usw. haben mit dazu beigetragen, daß in dem angegebenen Zeitraum eines Jahrzehnts nicht ein einziger Elektrounfall des bahneigenen Personals eintrat.

²⁾ Wenn bahnfremde Firmen an oder in der Nähe von Leitungsanlagen arbeiten, hat die Firma dem zuständigen Fahrleitungsmeister einen verantwortlichen Bediensteten, kurz „Partieführer“ genannt, schriftlich bekanntzugeben, der die Arbeitergruppe überwacht. Die Firma vereinbart spätestens am Vortag mit dem Fahrleitungsmeister die durchzuführenden Arbeiten und die Arbeitszeit und fordert von ihm die Beistellung eines zur Erteilung von Schaltaufträgen berechtigten Aufsichtsbediensteten („Schaltauftragberechtigter“). Der Partieführer darf ohne Zustimmung des Schaltauftragberechtigten nicht zulassen, daß seine Leute sich in den Gefahrenbereich der Leitungsanlagen begeben und mit den Arbeiten beginnen. Der Schaltauftragberechtigte erteilt nach Durchführung der nötigen Abschaltungen und Erdungen die Zustimmung zum Arbeitsbeginn schriftlich. Diese Eintragung ist auch vom Partieführer zu fertigen und gilt dann erst als verbindlich. Der Partieführer ist verpflichtet, allen ihm zur Wahrung der Sicherheit der Arbeitenden erteilten Weisungen des Schaltauftragberechtigten unverzüglich nachzukommen.

Wenn das Arbeitsgebiet mit Rücksicht auf benachbarte, unter Spannung bleibende Anlagenteile begrenzt werden muß, ist die Grenze des Gefahrenbereiches vor Arbeitsbeginn vom Schaltauftragberechtigten schriftlich festzulegen und vom Partieführer zum Zeichen der Kenntnisnahme zu unterfertigen. Der Partieführer ist verantwortlich, daß die ihm derart bekanntgegebenen Grenzen des Arbeitsbereiches genau eingehalten werden.

³⁾ Es handelte sich um einen Bahnkreuzungsmast.

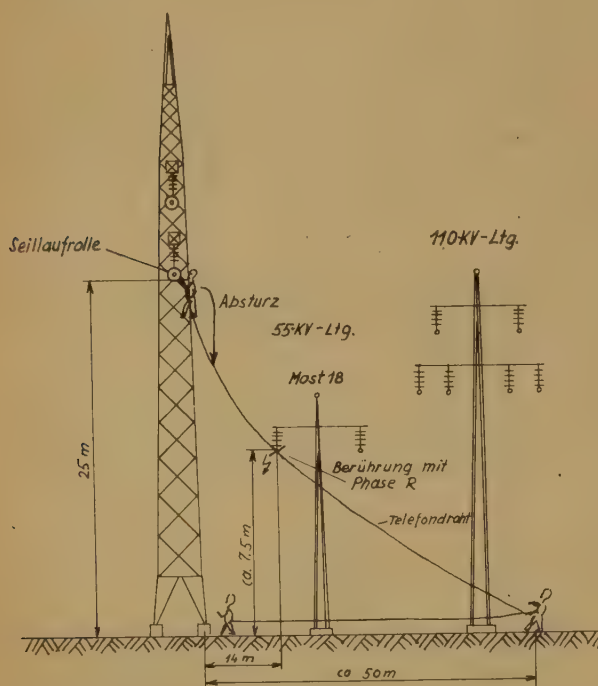


Abb. 2

schen der 25-kV-Leitung einer Landesversorgungsgesellschaft und einer 55-kV-Übertragungsleitung der Österreichischen Bundesbahnen steht, legte einer der genannten Arbeiter, der gleichzeitig Partieführer war, den von einer tragbaren Seiltrommel abgespulten Telephondraht unter der erwähnten 55-kV-Leitung und einer weiteren 110-kV-Leitung einer Landesgesellschaft aus, während ein Hilfsarbeiter mit dem am Sicherheitsgürtel befestigten Telephondraht den Mast bestieg (s. Abbildung). Unmittelbar vor dem Erreichen des unteren Auslegers des 220-kV-Leitungsmastes erfolgte eine Berührung eines Phasenseiles der ÖBB 55-kV-Leitung. Durch die Berührung des isolierten Telephondrahtes mit dem spannungsführenden Phasenseil, an dem geringfügige Anperlungen festgestellt wurden, stürzte der Hilfsarbeiter aus ca. 25 m Höhe vom Mast ab, während die beiden anderen, die den Telephondraht in der Hand hielten, starke elektrische Verbrennungen davontrugen. Der Telephondraht selbst brannte in Stücken von ca. 20 bis 25 cm Länge ab. Bemerkenswert an dem Unfall ist, daß sowohl der Partieführer als auch die beiden Hilfsarbeiter ständig bei Seilzugsarbeiten einer Elektrogroßfirma eingesetzt waren und schon aus diesem Grund, wenn man von

ÖZE ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

HERAUSGEGEBEN

VOM VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWERKE ÖSTERREICHS

ORGAN DES ÖSTERREICHISCHEN NATIONALKOMITEES DER WELTKRAFTKONFERENZ

SCHRIFTFÜHRUNG: DR.-ING. KURT SELDEN, WIEN

SPRINGER-VERLAG IN WIEN

Jahrgang 14 (1961)

Originalarbeiten

- Ammann, E. und W. Naegler: Die automatische Steuerung der Maschinen des Lünserseewerkes. 341
- Bauer, L.: Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe für Betriebsfragen. 227
- Die energiewirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen Jugoslawien und Österreich und die Arbeit der Jugel-export. 387
- Ben Uri, J.: Probleme des einphasigen Elektro-Magnets. 309
- Boll, G. und K. Karrer: Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte für die Anwendung des Bündelleiters in der Technik der Höchstspannungsübertragung. 449
- Brehlih, M.: Das jugoslawische elektroenergetische System und dessen Möglichkeiten für eine regionale Zusammenarbeit. 377
- Dreier, s. R. Vögeli
- Fasol, K. H.: Über die hydraulischen Eigenschaften der Druckrohrleitungen bei Belastungsschwankungen. 45, 280
- Fritsch, J.: Die neue Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt in Salzburg. 420
- Gadzicki, J. und R. Heller: Über eine neue Hauseinführung. 423
- Glanz, O.: Der Seilzug im Hagengebirge für die 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 145
- Groop, S., G. Jancke und O. D. Zetterholm: Bündelleiter. 471
- Heller, R.: s. J. Gadzicki
- Hintermayer, F.: Geleitwort zum Fachheft „Die 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 105
- Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit in der Elektrizitätswirtschaft, am Beispiel Österreichs gezeigt. 215, 340
- Tätigkeitsbericht des Bundeslastverteilers über das Betriebsjahr 1960. 249
- Hochreutiner, R.: Geleitwort zum Fachheft „Zehn Jahre U.C.P.T.E.“ 161
- Der internationale Stromaustausch. 163
- Jancke, G.: s. S. Groop
- Kahlig, H.: Die energiewirtschaftliche und betriebliche Bedeutung der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 106
- Karrer, K.: s. G. Boll
- Korošec, V.: Die Verbindung der Hochspannungsnetze Jugoslawiens und Österreichs. 381
- Kothbauer, A. und W. Krautt: Bündelleitungen im österreichischen Höchstspannungsnetz. 482
- Krautt, W.: Die 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 108
- s. A. Kothbauer
- Leschanz, A.: Erfordernis von Maschinenableitern bei Blockgeneratoren. 413
- Maggi, L.: Die Anwendung der Bündelleiter in Italien. 456
- Malmström, T.: Die Elektrifizierung des Haushaltes in Schweden. 69
- Mandres, Fr.: Stromversorgung und internationale Aspekte des Wasserkraftausbaues im Großherzogtum Luxemburg. 212
- Martin, H.: Ermittlung der wirtschaftlichen Ausdehnung der Versorgungsbereiche von Umspannstellen. 318
- Mayer, K.: Das Flugzeug im Dienste der Leitungsüberwachung im Hochgebirge. 49
- Monghy, H.: Die Stahlkonstruktionen für die Bergstrecke der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 138
- Müller, F.: Die Projektierung der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 113
- Müller, R.: Die technische und wirtschaftliche Zusammenarbeit der Wärme- und Wasserkraftwerke und die Eingliederung der Atomenergieerzeugung in die Verteilnetze unter besonderer Berücksichtigung der Lage in Italien. 204
- Naegler, W.: s. E. Ammann
- Opel, O.: Der Einsatz einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage bei der Niederösterreich. Elektrizitätswerke A.G. (NEWAG). 16
- Ott, G. M.: Geräte- und Verbrauchsanalyse im Haushalt. 256, 288
- Plocek, W. und L. Seltenhammer: Anlagekosten- und Baukostenbewegung im österreichischen Wasserkraftwerksbau. 281
- Januar 1961 bis Juli 1961. 351, 412
- Probst, W.: Stahlleichtbau an einer Hochspannungsleitung im Hochgebirge. 131
- Prosser, J.: Bau der 220-kV-Leitung im Baulos Blühnbachtal. 141
- Rupp, E. und H. Weiss: Die Berechnung der Spannungswandler-Meßleitungen für Präzisionszählung. 312
- Selden, K.: Elektrizität in der Landwirtschaft — vom Wunschtraum zur Wirklichkeit. 41
- Seltenhammer, L.: s. W. Plocek
- Skacel, F.: Geleitwort zum Fachheft „Elektronische Einrichtungen in der Elektrizitätswirtschaft“. 1
- de Schaetzen, J.: Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe Wasserkraftwerke. 222
- Schauer, H.: Die Mastfundierungen der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 118
- Die Schneedruck- und Lawinenschutzbauten der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 123
- Schneider, W.: Die Elektronik in der Elektrizitätswirtschaft. 2
- Analoge Rechengeräte für eine exakte wirtschaftliche Lastverteilung in elektrischen Netzen. 15
- Schöffel, F.: Erdungs- und Kurzschlußvorrichtungen für Hochspannungsleitungen und Schaltanlagen. 435
- van Staveren, J. C.: Kernreaktoren für Energieerzeugung. 166
- STEWEAG: Das Ennskraftwerk Altenmarkt. 391

Stimmer, H.: Die Störungen im geerdeten Teil des österr. 220-kV-Verbundnetzes in den Jahren 1958 bis 1960. 426

Tiefenthaler, H.: Erfahrungsbericht über ein städtisches Maschennetz. 431

Torresi, M. F.: Die Organisation des Instandhaltungsdienstes in den neuen Wärmekraftwerken der E. D. F. 198

U. C. P. T. E.: Die Organisation der U. C. P. T. E. 197

Urban, E.: Leistungsbegrenzung und Gewerbetarif. 83

Vas, O.: Vorwort zum Fachheft „Bündelleiter“ 449

Vidmar, M.: In selbständige Phasen zerlegte oder einheitliche dreiphasige Transformation? 75

Vögeli, R., und Dreier: Höchstspannungs-Leitungen in der Schweiz. 466

Weiss, H.: s. E. Rupp

Wolf, L.: Die Speicher- und Brennstoffvorräte in den Kraftwerken der U. C. P. T. E.-Länder. 182

Zetterholm, O. D.: s. S. Groop

Mitteilungen aus aller Welt

Ägypten: Das Projekt zur Nutzung der Kattara-Senke in Ägypten (V. Graber). 51

CIGRE-Tagung 1960, Bericht. 51

— Berichte über Fragen der Höchstspannungsübertragung, insbesondere über Freileitungen mit gebündelten Phasen. 491

Deutsche Bundesrepublik: Die Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk A. G., Essen. 322

— Das Pionier-Pumpspeicherwerk Niederwartha bei Dresden mit erhöhter Leistung neu erstanden (G. Gerstenberger). 87, 248

— Die Elektrizitätsversorgung der Deutschen Bundesrepublik im Jahre 1960. 438

England: Die Energieerzeugung in England und Wales. Bericht für das Betriebsjahr 1959/60 des Central Electricity Generating Board (W. Hahn). 85

Europa: Die europäische Stromerzeugung der Jahre 1957 bis 1959. 267

Frankreich: Der gegenwärtige Stand der französischen Elektrizitätswirtschaft (E. Denk). 233

Italien: Der gegenwärtige Stand der italienischen Elektrizitätswirtschaft. 397

Schweiz: Die Energieversorgung der Schweiz im Berichtsjahr 1959/60. 299

Buchbesprechungen

Adamson, C., und N. C. Hingorany: High Voltage Direct Current Power Transmission (G. Poppović). 37

AEG: Gleichstrommaschinen (K. Sailer). 412

Agell: s. Broms

Bean, R. L., N. Chackan, H. R. Moore und E. C. Wentz: Transformers for the Electric Power Industry (F. Andé). 35

Brenner, E., und M. Javid: Analysis of Electric Circuits (H. Hofmann). 34

Broms, Cappe, Hällsten, Jörgensen, Nerell und Agell: Arbeitsmetoder vid kraftverksbyggen (Arbeitsmethoden im Kraftwerksbau). (R. Partl). 101

Bundesministerium f. Verkehr u. Elektrizitätswirtschaft 1959: (Die Schriftleitung). 102

Cappe: s. Broms

Chackan, N.: s. R. L. Bean

Chaussy, A. G.: Die Rolle des Energiesektors in der Entwicklungspolitik. (O. Vas). 339

Dieminger, W.: Ionosphäre und drahtloser Verkehr (Die Schriftleitung). 37

Dosse, J.: Der Transistor (K. Walk). 100

Eidgenöss. Amt für Wasserwirtschaft: Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz (O. Vas). 103

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln: Die internationalen Zusammenhänge in der Energiewirtschaft (Die Schriftleitung). 502

Ergmann, R.: Berechnen und Projektieren von Ortsnetzen, Niederspannungsleitungen und Straßenbeleuchtungen (H. Küffel). 157

Forschungsstelle der Friedrich-Ebert-Stiftung: Die Energiewirtschaft (E. Königshofer). 448

Frügel, F.: Impulstechnik (H. Hofmann). 100

Hällsten, s. Broms

HEA (Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung) Ringbuch für Elektrizitätsanwendung (F. Kerkoszek). 36

Henze, F.: Schaltungen der Starkstromtechnik (K. Moraw). 100

Heyn, G.: Der Bau von Hochspannungsleitungen (G. Markt). 66

Hingorany, N. G.: s. C. Adamson

Hose, L.: Der Energieversorgungsvertrag (St. Eggeler). 280

Illetschko, L.: Praktische Kostenrechnung (A. Barwig). 35

— Neuzeitliches Buchführen (A. Barwig). 501

Javid, M.: s. E. Brenner

Jörgensen: s. Broms

Kaminski, A.: Stabilität des elektrischen Verbundbetriebes (W. Erbacher). 102

Kielgas, H.: Transduktoren (H. Hofmann). 410

Königshofer, Theodor: Die praktische Berechnung elektrischer Maschinen (R. Stix). 36

— Die Lichtbogen-Schweißmaschinen (R. Stix). 412

Kraus, H.: Elektroschutz an und in der Nähe von Freileitungen (F. Kerkoszek). 448

Moerder, C.: Transistortechnik (H. Hofmann). 99

Moore, H. R.: s. R. L. Bean

Mosonyi, E.: Vizerörművek és viziutak (Wasserkraftwerke und Wasserstraßen) (H. Suchanek). 411

Müser, H. A.: Einführung in die Halbleiterphysik (H. Hofmann). 158

Nerell, s. Broms

Neubauer, W.: Finanzreform (R. Kerschagl). 66

Peter, W.: Handbuch für den Ortsnetzbau (R. Heller). 446

Rint, C.: Lexikon der Hochfrequenz-, Nachrichten- und Elektrotechnik, Band V (Die Schriftleitung). 501

Rumler, F.-J.: Wirtschaftliche Probleme bei der Aufstellung von Energiebilanzen und bei der Vorausschätzung des künftigen Energiebedarfes (O. Vas). 66

Rziha, E.: Starkstromtechnik, Bd. II (G. Oberdorfer). 102

Seidel, H.: Die Großschiffahrtsstraße Rhein-Main-Donau (O. Vas). 339

Siemens-Schuckertwerke A. G.: Siemens Formel- und Tabellenbuch für Starkstrom-Ingenieure (Die Schriftleitung). 103

Spieser, R., und F. Grütter: Krankheiten elektrischer Maschinen, Transformatoren und Apparate (R. Stix). 308

Schmelcher, E.: Watt Ihr Volt (J. Gerstbach). 502

Schmid, F.: Das Abkommen der Europäischen Kernenergieagentur (OECE) über die Haftpflicht auf dem Gebiet der Kernenergie (St. Eggeler). 279

Schmidt, W.: Das erfolgreiche Führen in Technik und Wirtschaft (O. Vas). 101

Scholl, P.: Kühltürme und Kleinkälteanlagen (C. Piche). 411

Schweiz. Wasserwirtschaftsverband: Jahresbericht 1959 (R. Partl). 37

Statistisches Zentralamt: Statistisches Jahrbuch österr. Städte 1959 (F. Kerkoszek). 410

STEWEAG: Elektrobote 1961 (L. Fleury). 36

Strahinger, W.: Untersuchungen über Entwicklung und Verteilung der Tarife (E. Königshofer). 410

Teubner, B. G.: Erscheinungen der Verlagsgesellschaft m. b. H. (Die Schriftleitung). 308

Tiedemann, W.: Werkstoffe für die Elektrotechnik, Bd. I (J. Gerstbach). 308

VDE: Erläuterungen zu den Regeln für elektrische Maschinen (K. Sailer). 101

VDEW: Technische Richtlinien für die Spirallendruckmessung in Wasserkraftanlagen (G. Schloffer). 158, 308

— Ringbuch der Energiewirtschaft (K. Selden). 307

— Verkaufsabrechnung in Elektrizitätsversorgungsunternehmen (Die Schriftleitung). 409

Vogel, Th.: Jahrbuch des Eisenbahnwesens, 11. Folge (L. Bauer). 502

VWEW: Empfehlungen für Schrauben im Bereich hoher Temperaturen (Die Schriftleitung). 308

Wentz, E. C.: s. R. L. Bean

Winter, F. W.: Technische Wärmelehre (W. Rogner). 447

Zebisch, M.: Netzverluste (W. Renner). 101

Personalnachrichten

Ammann, A. 308	Holzbauer, H. 38	Kugler, G. 30	Susan, F. 38
Barwig, A. 448, 502	Holzinger, F. 67	Ledinegg, M. 448	Sykora, O. 30, 268
Baukal, A. 103	Horak, H. 38	Leuch, H. 103	Schulze, E. 103
Baumhackl, H. 38	Hueber, W. 38	Lusser, F. 159	Steinbauer, P. 38
Bendl, F. 39	Jahn, H. 38	Magnet, E. 38	Steinböck, W. 38
Beron, R. 160	Janitschek, F. 38	Makovec, F. 38	Steiner, H. 38
Billig, A. 38	Jellinek, St. 280	Markt, G. 38	Stepski-Doliva, L. 37
Böhmer, H. 247	Joly, A. 38, 247	Markytan, F. 38	Straubinger, K. 159
Borufka, J. 38	Kattinger, F. 38	Marti, H. 103	Tanzer, K. K. 502
Eimeder, R. 38	Kaun, H. 38	Mayrhofer, J. 30	Theuer, W. 103
Fenz, R. 38	Kiessling, H. 38	Mosbauer, H. 247	Thosold, H. 38
Finger, W. 38	Kitten, H. 103	Musil, L. 502	Turek, O. 38
Fox, H. 38	Koci, A. 159	Neuhauser, E. 38	Vas, O. 160, 268, 308
Frisch, V. 412	Kölliker, K. 159	Niessner, A. 38	Velisek, A. 376
Grengg, H. 38	Korytko, K. 38	Nyvelt, F. 280	Wegscheider, F. 38
Griller, K. 159	Kothbauer, A. 247, 268	Pfeiffer, H. 38	Werner, Erich. 38
Hahn, W. 38	Kralik, H. 38	Rappl, H. 30, 247	Wiesinger, A. 38, 247
Hartig, H. 39	Kratochwill, J. 39	Roehle, W. 39	Wunderle, E. 38
Haselbacher, H. 39	Krauß, K. 38	Rössler, E. 159	Zach, E. 38
Hermann, F. 160	Krebs, K. †. 38, 39	Sasse, H. 39	Zwilling, H. 376
Hintermayer, F. 160, 268	Kromer, C. Th. 412	Skacel, F. 39	
Hofmann, K. 38	Kropek, H. 38	Sonntag, F. 38	

Kampf dem Stromtod

Homberger, E.: Schutzvorkehrungen beim Arbeiten an Hoch- und Niederspannungsanlagen in der Schweiz. 340	Irresberger, G.: Prüfspitzen mit Verschiedwindkontakt — ein zweckmäßiges Arbeitsschuttmittel. 67	Kraus, H.: Elektrounfälle im Übertragungsleitungsnetz der Österreichischen Bundesbahnen — Analyse eines Jahrzehnts. 502
---	--	---

Sachverzeichnis

<p>Analoge Rechengeräte. 15</p> <p>Analogierechenggerät, Verbundgesellschaft. 27</p> <p>Anlagekosten 1959/61. 281, 351</p> <p>Arbeitsschutz, Schillings. 444</p> <p>Atlas-Copco. 149</p> <p>Atomkraftwerk Kahl. 57</p> <p>Atomwirtschaft, England. 57</p> <p>Automation, Heft 1.</p> <p>Automatische Steuerung von Maschinen. 341</p> <p>Baukostenbewegung 1959/61. 281, 351</p> <p>Bautechnische Versuchs- u. Forschungsanstalt Salzburg. 420</p> <p>Bayernwerk A. G., Jubiläum. 238</p> <p>Belastungsschwankung, Druckrohrleitungen. 45</p> <p>Berichtungen. 248, 412</p> <p>Berliner Kraft- und Licht A. G. (BEWAG), Tarife. 56</p> <p>Betriebsstatistik BLV. 441</p> <p>Blockgeneratoren, Maschinenableiter. 413</p> <p>Brennstoffstatistik. 301</p> <p>Briefe an die Schriftleitung: Varetza-Zwilling. 39 Fasol-Widmann. 280</p> <p>Bündelleiter. Heft 12</p> <p>Bundeslastverteiler: Betriebsstatistik. 441</p> <p>Elektrizitätsversorgung und Tagesdiagramme. 32, 64, 97, 155, 244, 277, 305, 374, 407, 444, 498</p> <p>Tätigkeitsbericht über das Betriebsjahr 1960. 249</p> <p>Tagung der Leiter und Referenten. 55</p> <p>Bundesministerium für Handel und Wiederaufbau, Statistik der Unfälle. 147</p> <p>Bundesministerium für Verkehr u. Elektrizitätswirtschaft, Filme. 147</p> <p>Burgenländische Elektrizitätswirtschafts-A. G. (BEWAG). 268, 443</p> <p>CEE. 402</p> <p>Central Electricity Generating Board. 85, 91</p>	<p>CIGRE, Blitz und Überspannungen. 51</p> <p>Bündelleiter. 491</p> <p>Übertragungsmittel. 236</p> <p>Creditanstalt-Bankverein. 149</p> <p>Dampfkraftwerk Korneuburg A. G. 160, 268</p> <p>Datenverarbeitung, NEWAG. 16</p> <p>Deutsche Eisenbahnen. 238</p> <p>Dokumentationskartei, Freileitungen. 149</p> <p>Dreikettenabspannung. 493</p> <p>Druckrohrleitungen bei Belastungsschwankungen. 45</p> <p>Electricité de France (E. D. F.), Instandhaltungsdienst in Wärmekraftwerken. 198</p> <p>Elektrizitätswerke Österreich. 215</p> <p>Altenmarkt. 391</p> <p>Aschach. 301</p> <p>Edling. 357</p> <p>Freibach. 357</p> <p>Kaunertal. 238</p> <p>Losenstein. 238, 497</p> <p>Lünersee. 341</p> <p>Schärding. 401</p> <p>Schütt a. d. Gail. 357</p> <p>Steeg. 149</p> <p>Timelkam. 149</p> <p>Wels. 88, 442</p> <p>Zeltweg. 28</p> <p>Deutsche Bundesrepublik. 182, 238, 438</p> <p>Frankreich. 182, 198, 233</p> <p>Luxemburg. 212, 356</p> <p>Italien. 204</p> <p>Niederlande. 166</p> <p>Elektrizitätswirtschaft Österreich. 27, 54, 401</p> <p>Belgien. 495</p> <p>Großbritannien. 496</p> <p>Italien. 397</p> <p>Irland. 401</p> <p>Japan. 496</p>	<p>Jugelexport, Heft 10</p> <p>Jugoslawien, Heft 10</p> <p>Schottland. 402</p> <p>Schweden. 69</p> <p>Schweiz. 303</p> <p>Elektrizitätswirtschaft, Kostenrechnung. 303</p> <p>Elektronik, Heft 1</p> <p>Energieanleihe 1960. 27</p> <p>Energieerzeugung aus Kernreaktoren. 166</p> <p>Energieingenieur-Tagung. 55</p> <p>Energieversorgung, Unsicherheitsfaktor. 405</p> <p>Energiewirtschaft Deutsche Bundesrepublik. 90, 438</p> <p>Europa. 267</p> <p>Frankreich. 233</p> <p>Italien. 204, 397</p> <p>Irland. 401</p> <p>Jugoslawien. 377—390</p> <p>Luxemburg. 212</p> <p>Niederlande. 166</p> <p>Österreich. 215, 238, 249</p> <p>Vorarlberg. 55</p> <p>Schottland. 302, 402</p> <p>Schweden. 269</p> <p>Schweiz. 299</p> <p>Slowenien. 303</p> <p>Ennskraftwerke, Geschäftsbericht. 27</p> <p>Erdgasfunde, Adriaküste. 57</p> <p>Erdgasgewinnung. 90</p> <p>Erdölleitung, Vorarlberg. 55</p> <p>Erdungsvorrichtungen. 435</p> <p>ETVA (Elektrotechnische Versuchsanstalt Wien). 406</p> <p>Fernheizkraftwerk Wels. 88</p> <p>— Hässelby. 91</p> <p>— Mödling. 497</p> <p>Finanzierungsprobleme. 54</p> <p>Flügelmeßtechnik. 89</p> <p>Flugzeuge in der Leitungsüberwachung. 49</p> <p>Freileitungen s. Leitungen</p>
---	--	--

Geleitworte
— zum Fachheft „Die 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter“. 105
— zum Fachheft „Zehn Jahre“ U. C. P. T. E. 161
— zum Fachheft „Elektronische Einrichtungen in der Elektrizitätswirtschaft“. 1
— zum Fachheft „Bündelleiter“. 449
Geräteanalyse im Haushalt. 256, 288
Geschäftsberichte
Donaukraftwerk Jochenstein A. G. 160
Elektrizitätswerk Wels A. G. 442
ELIN-UNION. 148
Ennskraftwerke A. G. (EKW). 27, 300
Kärntner Elektrizitäts A. G. (KELAG). 357
Klagenfurt, Stadtwerke. 159
Linzer Elektrizitäts- u. Straßenbahn A. G. 27
Österreichisch-Bayerische Kraftwerke A. G. (ÖBK). 442
Österreichische Donaukraftwerke A. G. (ÖDoKW). 268, 401
Salzburger A. G. für Elektrizitätswirtschaft (SAFE). 54, 400
Tauernkraftwerke A. G. (TKW). 159
Tiroler Wasserkraftwerke A. G. (TIWAG). 400
Verbundgesellschaft. 237
Vorarlberger Kraftwerke A. G. (VKW). 28
Vorarlberger Illwerke A. G. (VIW). 88
Gewerbetarif. 83
Gezeitenkraftwerk Rance. 57
Großkesselbesitzer. 355
Hauseinführung. 423
Haushalt, Elektrifizierung Schweden. 69
Haushalt, Geräte- und Verbrauchsanalyse. 256, 288
Hochleistungsversuchsfeld, Wien. 406
Hydraulische Eigenschaften, Druckrohrleitungen. 45
Internationale Forschungs- und Informationsstelle. 91
Internationaler Stromaustausch. 163
Investitionsprobleme. 54
Kahl, Atomkraftwerk. 57
Kaprun—St. Peter, Freileitung, Heft 1 Kartellbekämpfung USA. 150
Kaunertal. 238
KELAG. 357
Kernreaktoren für Energieerzeugung. 166
Kohlenlager der Elektrizitätswerke. 354
Kohlenversorgung, Österreich. 268
Koordinierung der Elektrizitätswirtschaft. 27

Kurzschlußvorrichtungen. 435
Landesgesellschaft, Stromaufbringung. 89
Landwirtschaft, Elektrizität in der 41
Lawinenschutzbauten. 123
Leistungsbegrenzung und Gewerbetarif. 83
Leitungen
Österreich, Heft 4. 482
Deutsche Bundesrepublik. 449
Italien. 456
Kanada. 492
Katanga. 493
Norwegen. 57
Schweden. 57, 471, 493
Schweiz. 466
UdSSR. 491
USA. 492
Leistungsplan, Österreich. 107
Leistungsüberwachung
Flugzeuge. 49
unter Spannung. 58
Markenserie, Verbundkonzern. 443
Maschennetz, städtisches. 431
Maschinenableiter bei Blockgeneratoren. 413
Mastfundierungen. 118
Mouvement Européen. 29
Niederösterreichische Elektrizitätswerke A. G. (NEWAG). 16
Niederösterreichische Elektrizitätswirtschaft. 443, 494
NIOGAS. 497
Obere Donaukraftwerke A. G. 56
Österr.-Bayerische Kraftwerke A. G. (ÖBK). 442
Österr. Bundesbahnen, Bauentwurf-Richtlinien. 55, 443
Österr. Brown Boveri-Werke A. G. 269
Österr. Draukraftwerke A. G. (ÖDK) 29, 401
Österr. Mineralölverwaltung. 104
Österr. Normenausschuß (ÖNA). 55, 497
Österr. Wasserwirtschaftsverband, Tagung. 55
Pflanzenbestrahlung, künstliche. 10
Pressefahrt. 497
Pumpspeicherwerk. 212
Pumpspeicherwerk Vianden. 356
Rance, Gezeitenkraftwerk. 57
Rationalisierung in der Elektrizitätswirtschaft. 404
Regionalgruppe DBR—Italien—Österreich. 237
Reißeck-Kreuzeck-Höhenbahnen Ges. m. b. H. 28
Rheinkraftwerke Säckingen A. G. 80
Rhein-Main-Donau A. G. 160
Rhein-Main-Donau. 92
SADE (Società Adriatica di Eletticità). 356

SAFE (Salzburger A. G. für Elektrizitätswirtschaft). 400
Salzburg, Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt. 420
Seilzug im Gebirge. 145
Synchronisierwandler. 348
Schneedruckschutzbauten. 123
Schweizer Mustermesse Basel. 91
Stabilität, 400 kV. 58
Städtisches Maschennetz. 431
Statistiken der Elektrizitätswerke. 357
STEWEAG, 40-Jahrfeier. 147, 391
Störungen im Verbundnetz. 426
Stromaustausch, internationaler. 163, 215
Österreich-Jugoslawien, Heft 10
Tarife
BEWAG. 56
Tarifgrößen, graphische Ermittlung. 404
Tarifwesen. 83
Technische Hochschule Graz. 443
Technische Hochschule Graz, Versuchsanstalt Wasserbau. 150
Technische Hochschule Karlsruhe. 29, 357
TIWAG. 400
Transformation, phasenzerlegt oder dreiphasig. 75
U.C.P.T.E. 29, Heft 5, 354
U.C.P.T.E., Organisation. 197
U.C.P.T.E., Tätigkeitsbericht Arbeitsgruppe Wasserkraftwerke. 222
U.C.P.T.E., Tätigkeitsbericht Arbeitsgruppe Betriebsfragen. 227
UNIFEDE. 90
Unsicherheitsfaktoren der Energieversorgung. 405
Untertagevergasung. 92
VDE, Hauptversammlung. 55, 355
VDE-Verlag, Vorschriften. 91, 160
VDEW, Tagung Bonn. 80
Verbrauchsanalyse im Haushalt. 256, 288
Verbundgesellschaft
Analogierechengerät. 27
Verbundnetz, österreichisches. 28
Verbundnetz, Störstatistik. 426
Verkehrsminister-Tagung. 300
Vorarlberger Illwerke A. G. (VIW). 88, 341
Vorarlberger Kraftwerke A. G. (VKW), Geschäftsbericht. 28
Wärmekraftwerke, ortveränderliche. 58
Wasserausnutzung. 58
Wasserbenutzungsrechte, steuerliche Bewertung. 29
Wasserkraftanlagen, Regelung. 92
Wasserkraftwerke, Instandhaltungsdienst. 198
Zusammenarbeit Wärme- und Wasserkraftwerke. 204

Mitteilungen des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs

AGA — Ratgeber für den Schweißer. 240
Beiträge des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs zu Sicherheitsfragen. 370
Bericht über den IV. Elektrowärme-Kongreß Stresa 1959. 151
Bericht über die Verbandstätigkeit im Geschäftsjahr 1960. 325, 359
Die Bedeutung eines modernen Elektrizitätswerkes für die Konsumenten. 239
Elektroschutz und Blitzschutz bei Turmdrehkränen. 60
Elektroschutz bei Bau- und Montagearbeiten. 271, 497

Fernsehfilm „Elektrizität und Sicherheit“. 407
Generaldirektor Dipl.-Ing. J. Mayrhofer und Direktor H. Rappl — Kommzialräte. 30
HEA-Tagung in Bad Kissingen. 30
Kraftwerksmeisterlehrgänge 1961/62. 240
Prüfung von Installationsanlagen durch die EVU? 61
Prüf- und Qualitätszeichen. 61, 93, 151, 240, 272, 371
Die fünf Sicherheitsregeln. 150
Unfallverhütungsfilm „Gib acht!“. 151
Unfallverhütungspakat VEÖ 1 — Gefahren durch Baumschlägerungen. 271

— VEÖ 2 — Gefahren bei Grabarbeiten. 305
— VEÖ 3 — Kran- und Baggerführer. 407
— VEÖ 4 — Achtung Kabel! 497
Veränderungen im Hauptausschuß und im Vorstand. 30, 60
Verlängerung der Geltungsdauer des n. 6. Gesetzes betreffend Regelung auf dem Gebiet des Elektrizitätswesens. 92

Beilage: Licht und Beleuchtung

Krones, F.: Die zehnte Fachtagung der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft am 12. und 13. Mai 1961 in Linz. 9
Schaffer, F.: Licht und Unfall. 1

Ruiss, O.: Die 15. Hauptversammlung der Commission Internationale de l'Eclairage 1963 in Wien. 5
Zeitschriftenschau: (L. Fink). 4, 11

Beilage: Elektrowärme

Bruno, L., und W. Schott: Der Carbofluidofen. 17
Hafner, Th.: Allgemeine Verleimungsprobleme mit Hochfrequenzwärme. 13
Herbatschek, O.: Wirtschaftlichkeit elektrischer Emaillieröfen. 4
Lange, F.: Die Entwicklung der Konstruktion elektrisch beheizter Emaillieröfen in Österreich. 1
Buchbesprechungen:

Aschmann, U., und H. Masukowitz: Elektro-Wärme-Technik. II. Teil: Elektrowärmeanwendung in der Industrie (O. Herbatschek). 22
Müller, H.: Jahrbuch der Elektrowärme 1958/59 (O. Herbatschek). 12
Simpson, P. G.: Induction Heating (O. Herbatschek). 22
Sochor, B., J. Lucinski und L. Michalski: Temperaturregelung und -regler bei Wärmeeinrichtungen (O. Herbatschek). 21

Beilage: Das Atomkraftwerk

Kunz, W.: Das deutsche 15-MWe-Kernkraftwerk in Kahl. 5
Mackenthun, W.: Die Atomkraftwerkspläne in der Deutschen Bundesrepublik. 1
Energiewirtschaftliche Kurzberichte:
Austen, A. F.: Über den Baufortschritt beim schottischen 150-MWe-Kernkraftwerk Hunterston (W. Kunz). 3
Das Atominstitut der Wiener Hochschulen im Prater (Die Schriftleitung). 4

Zeitschriftenschau: Das Atom und die Elektrizitätswirtschaft (W. Mackenthun). 4
Buchbesprechungen:
Arley, N., und H. Skov: Atomkraft (Higatsberger). 12
Fuchs, G.: Wir und die Atombombe (Die Schriftleitung). 12
Personalnachricht: Higatsberger, M. 4

LICHT UND BELEUCHTUNG

Organ der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft

Nr. 1

9. Jahrgang (1961)

Beilage zu ÖZE 14, 1961, Heft 6

Licht und Unfall

Von Ing. F. SCHAFFER, Wien

Mit 1 Textabbildung

Die eingehende Untersuchung von Arbeitsunfällen zeigt oft, daß die unzureichende oder unzuweckmäßige Beleuchtung des Arbeitsplatzes mit künstlichem oder natürlichem Licht zum Zustandekommen des Unfalles beigetragen hat. Auch der Literatur wird immer wieder auf den erheblichen Anteil schlechter Beleuchtung am Unfallgeschehen hingewiesen bzw. auf die Möglichkeit, durch bessere Beleuchtung die Unfallzahl wesentlich zu senken^{1) 2) 3) 4)}. Nachdem etwa 80% aller Sinneswahrnehmungen des Menschen von den Augen eingeleitet werden, erscheint es wohl selbstverständlich, daß schlechte Lichtverhältnisse imstande sind, infolge unzureichender Wahrnehmung von Unfallgefahren durch das Sehorgan die Unfallgefährdung wesentlich zu erhöhen. Darüber hinaus muß bedacht werden, daß eine Ermüdung des Auges durch zu geringe oder unzuweckmäßige Lichtdarbietung nicht auf dieses Organ beschränkt bleibt, sondern den ganzen Körper erfaßt. Dadurch wird wiederum die Schnelligkeit und Sicherheit der Reaktion auf Unfallgefahren und der gesamte Bewegungsablauf während der Arbeit nachteilig beeinflusst⁵⁾.

Daß zwischen Licht und Unfall wesentliche Zusammenhänge bestehen, ist somit nicht anzuzweifeln; fraglich ist jedoch, in welchem Ausmaß schlechte Lichtverhältnisse am tatsächlichen Unfallgeschehen beteiligt sind. Wichtig ist auch, zu wissen, in welcher Weise diese Mängel zum Zustandekommen von Unfällen führen, denn dies ist eine unerläßliche Voraussetzung zur Bekämpfung der Unfallgefahren.

Es wurde daher versucht, Antwort auf diese Fragen aus den bei der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt einlangenden Unfallanzeigen zu erhalten, und zwar einerseits aus der Statistik, welche auf Grund dieser Anzeigen erstellt wird, und andererseits aus der Durchsicht dieser Anzeigen selbst.

¹⁾ BIRKHANN, W.: Die Verhütung von Maschinenschäden durch zweckmäßige Beleuchtung. Der Maschinenschaden, Jg. 1953, S. 121.

²⁾ HAINDL, A.: Beleuchtungsfragen vom Standpunkt der Unfallverhütung und Arbeitshygiene. Die Berufsgenossenschaft, Jg. 1956, H. 7, S. 271.

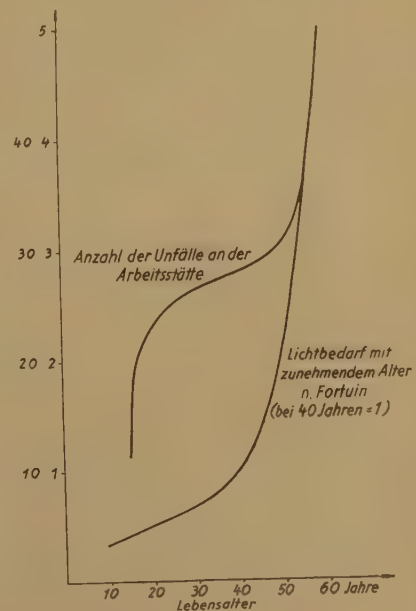
³⁾ METZLER, F.: Unfallverhütung und Beleuchtung. Die Berufsgenossenschaft, Jg. 1959, H. 11, S. 450.

⁴⁾ ROPER, F.: Lighting for Industrial Safety. The British Journal of Industrial Safety, Jg. 1955, Nr. 32, S. 111.

⁵⁾ SCHAFFER, F.: Beleuchtung und Sicherheit. Licht und Beleuchtung, 2. Jg., (1954), Nr. 3.

Bevor auf die Ergebnisse dieser Untersuchung eingegangen wird, erscheinen einige Vorbemerkungen angebracht:

Der Versichertenstand der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt an unselbständig Erwerbstätigen umfaßt ca. 1,8 Millionen Menschen, die größtenteils in Industrie, Gewerbe, Handel und Bergbau tätig sind. Die auf Grund der einlangenden Unfallmeldungen erstellte Statistik sagt nun unmittelbar nichts darüber aus, in welchem Ausmaß ungünstige Lichtverhältnisse am Zustandekommen der mehr als 160 000 Unfälle pro Jahr teilhaben. Es hätte nämlich keinen Sinn, „Licht“



Lichtbedarf, Unfallzahl und Lebensalter

als „objektive Unfallursache“ in den Rahmen der statistischen Auswertung aufzunehmen, weil die Unfallanzeigen die Unfallursachen leider in den meisten Fällen nur unzureichend erkennen lassen. Fast jeder Unfall kommt durch das Zusammenwirken mehrerer Ursachen zustande. Die Unfallanzeigen werden meist so flüchtig ausgefüllt, daß sie oft nicht einmal die Hauptursache klar erkennen lassen. Es mußte daher versucht werden, aus der jahreszeitlichen Verteilung der Unfälle

Rückschlüsse auf den Anteil zu gewinnen, den schlechte Lichtverhältnisse am Zustandekommen von Unfällen haben; diese müssen ja offenbar in den tageslichtarmen Monaten an Einfluß gewinnen. Eine in der Literatur oftmals zitierte Erhebung²⁾ in 445 Betrieben Westdeutschlands z. B. gibt an, daß sich in den Monaten Dezember und Jänner etwa 3,5mal mehr Unfälle ereignen als im Juni und Juli.

Um einen Einblick zu gewinnen, *in welcher Weise* schlechte Lichtverhältnisse das Zustandekommen von Unfällen bewirken, wurden ferner die bei der Landesstelle Wien der Anstalt einlangenden Unfälle daraufhin durchgesehen, ob in ihnen „Licht“ in der Schilderung des Unfallherganges als wesentlich am Zustandekommen des Unfalles beteiligtes Element aufscheint. Dieser Landesstellenbereich umfaßt die Bundesländer Wien, Niederösterreich und Burgenland, der Auswertungszeitraum (1. September 1958 bis 31. Jänner 1961) erbrachte 364 solcher Unfallanzeigen. Diese Zahl mag im Vergleich zum gesamten Unfallgeschehen gering erscheinen, es darf aber nicht vergessen werden, daß die Unfallursache „Licht“ erfahrungsgemäß sehr selten als solche erkannt wird. Auch bei Betriebsbegehungen zeigt sich ja, daß vorhandene Beschwerden oft auf alle möglichen Ursachen, wie schlechte Luft u. dgl., zurückgeführt werden, bis es endlich gelingt, sie durch Verbesserung der Sehbedingungen mit einem Schlag zu beseitigen⁵⁾ 7). Es ist also kein Zweifel daran, daß ein Vielfaches dieser 364 Unfälle gezählt werden müßte, wenn es gelänge, tatsächlich alle Unfälle, welche durch unzureichende oder unzuweckmäßige Lichtdarbietung entstehen, in den Griff zu bekommen. Daher ist diese Zahl nicht absolut, sondern im Sinne einer Stichprobe zu betrachten, wel-

Tabelle 1

Monat	durchschnittliche Unfallrate
Jänner	8,4
Februar	9,0
März	9,6
April	8,7
Mai	8,7
Juni	9,0
Juli	9,9
August	9,5
September	9,6
Oktober	9,8
November	9,2
Dezember	8,1

Daraus läßt sich nun nicht eine Erhöhung der Unfallzahl in den lichtarmen Monaten herauslesen, vielmehr steht dieser Befund im auffälligen Gegensatz zu den vorerwähnten ausländischen Untersuchungen. Vielleicht darf daraus der Schluß gezogen werden, daß der Beleuchtung der Betriebe in Österreich mehr Augenmerk zugewendet wird. Auch das Ansteigen der Unfälle in den Sommermonaten im Bauwesen und in anderen Berufen mit stark saisonbedingter Beschäftigungslage ist geeignet, den unfallfördernden Einfluß schlechterer natürlicher Belichtung in der Gesamtstatistik teilweise zu kompensieren.

Wenn nun offenbar in Österreich der Mangel an natürlichem Licht in den lichtarmen Monaten auch nicht imstande ist, die Unfallzahl wesentlich zu erhöhen, so ist es doch interessant, wie sich der Einfluß auf das

Tabelle 2
Verkehrsunfälle (außerhalb der Arbeitsstätte)

	Blendung durch		mangelhafte Beleuchtung	völliger Ausfall der Fahrzeugbeleuchtg. bzw. Straßenbeleuchtg.	keine Beleuchtg. vorhanden oder nicht eingeschaltet	pers. Ursachen sowie Unwetter Nebel u. dgl.	insgesamt
	künstl. Licht	Sonne					
LKW	28	1	—	—	12	2	43
PKW	43	2	—	—	—	7	52
Motorräder und Roller	4	2	1	4	3	6	20
Mopeds	4	2	1	1	—	3	11
Fahrräder	3	—	3	3	2	3	14
Pferdefuhrwerke, Handwagen u. dgl.	2	—	1	—	10	2	15
Fußgänger	6	2	14	2	40	3	67
Summe							222

che helfen soll, den Hergang solcher Unfälle zu analysieren.

Nach diesen Vorbemerkungen sollen nun die Ergebnisse dargestellt werden. Zunächst wurde der Mittelwert der Unfallrate (Unfälle pro 100 Beschäftigte) aus den Jahren 1956 bis 1960 für die einzelnen Monate ermittelt.

7) SCHOBER, H.: Sehbeschwerden bei Beleuchtung mit Leuchtstofflampen und deren Vermeidung. Gesundheitsingenieur, 76. Jg. (1955), H. 7/8, S. 114.

Unfallgeschehen und das Zusammenwirken mit anderen Unfallursachen bei jenen Unfällen darstellt, bei welchen nach dem Inhalt der Unfallanzeige „Licht“ eine wesentliche Rolle beim Zustandekommen des Unfalles spielte. Dabei finden auch einige wenige Fälle Erwähnung, wo die physikalische Erscheinung „Licht“, allenfalls zusammen mit unsichtbaren Teilen des Spektrums, das Sehorgan unmittelbar geschädigt hat. Nicht aufgenommen sind in diese Statistik aber jene Unfälle, welche durch die Energieform, welche die Lichtquelle speiste, also in der Regel durch den elektrischen Strom,

hervorgerufen wurden. Hierüber wurde vor längerer Zeit an anderer Stelle berichtet ⁶⁾.

Dabei ergibt sich die interessante Tatsache, daß der weitaus größere Teil, nämlich 222 Unfälle im Straßenverkehr und im Gelände außerhalb der Arbeitsstätte geschehen. Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die Verteilung auf die verschiedenen Ursachen. Dabei bezieht sich Spalte 3 auf mangelhafte Beleuchtung der Gefahrensituation, wobei entweder die Fahrzeugbeleuchtung oder die Verkehrsflächenbeleuchtung schuldtragend war, während in Spalte 5 jene Unfälle verzeichnet sind, bei denen keine (eingeschaltete) Beleuchtung vorhanden war.

Die Auswertung jener Unfälle, die sich im Betrieb einschließlich des Betriebsareals und der Baustellen, Montageplätze und sonstigen auswärtigen Arbeitsplätze ereignet haben, ergibt folgendes Bild:

Interessante Ergebnisse zeitigt eine Aufgliederung der in Tabelle 3 angeführten Arbeitsunfälle nach der neben den schlechten Sehbedingungen am Zustande-

Tabelle 6

	Unfälle
Höfe	3
Schiffe	17
Keller einschließlich Kellertreppen	11
Dachböden	4
Magazine, Garagen u. dgl.	12
Treppen	16
Arbeitsräume	25
Betriebsgelände, Baustellen, sonstige außerhalb des Betriebes gelegene Arbeitsstätten	49
sonstige Orte	5

Hier fällt auf, daß sich durch schlechte Lichtverhältnisse in der Binnenschiffahrt nicht weniger als 17 Unfälle ereigneten. Eine nähere Untersuchung führte zu dem Ergebnis, daß diese Unfälle fast durchwegs durch Sturz in die oder Anstoßen an die Ladeluke hervorgerufen wurden. Es wurde festgestellt, daß diese Ladeluke in vielen Fällen unzureichend gesichert sind. Hier wird versucht werden, diesen Unfällen durch bessere Abdeckung oder Umwehrung und durch Kenn-

Tabelle 3

nicht beleuchtet	Blendung	mangelhafte Beleuchtung	Ausfall der Beleuchtung	Dämmerung, Dunst, Nebel Rauch	sonstige u. pers. Ursachen (kurzsichtig etc.)	insgesamt
72	12	37	8	7	6	142

kommen des Unfalles maßgebend beteiligten Zweitursache:

Tabelle 4

	Unfälle
mangelhafte Sicherung von Gruben und sonstigen Vertiefungen	35
Gefährdung durch vorstehende Nägel, Späne u. dgl.	9
ungünstige Erreichbarkeit des Lichtschalters	23
Schädigung des Sehorgans durch „Verblitzen“ u. dgl.	4
Unordnung, schlechter Boden, Schmutz, Abfälle	41
Glätte des Bodens	8
keine der vorgenannten Ursachen oder unklar	22
insgesamt	142

Wenn man diese Unfälle danach aufschlüsselt, wie die Unfallstelle zur Zeit des Unfalles beleuchtet bzw. belichtet war, dann ergibt sich folgendes:

Tabelle 5

	Unfälle
bei künstlichem Licht	45
bei natürlichem Licht	80
bei völliger Dunkelheit	17

Eine Aufschlüsselung nach dem Ort, an dem sich diese Unfälle ereignen, zeigt folgendes Bild:

⁶⁾ SCHAFFER, F.: Licht und Leuchten als Gefahrenquelle. Österreichische Lichttechnische Arbeitsgemeinschaft, III. Fachtagung in Linz. Offizieller Bericht, S. 63.

Tabelle 7

	Unfälle
Facharbeiter (einschließlich Kraftfahrer)	50
Hilfsarbeiter	57
Nachtwächter	8
Angestellte	27

Schließlich wurde auch noch untersucht, ob der Umstand, daß der Mensch mit zunehmendem Lebensalter zur sicheren Wahrnehmung einer bestimmten Sehaufgabe wesentlich mehr Licht benötigt, bei diesen Unfällen irgendwie in Erscheinung tritt. Zu diesem Zweck wurde in Abb. 1 sowohl die Abhängigkeit des Lichtbedarfes vom Lebensalter nach G. J. Fortuin als auch die Verteilung dieser Unfälle auf die verschiedenen Lebensalter aufgetragen. Diese Gegenüberstellung ist natürlich von vornherein mit gewissen Mängeln dadurch behaftet, daß ein exakter Vergleich eine Korrektur nach dem Altersaufbau der in der vorliegenden Statistik behandelten Berufsgruppen vorausgesetzt hätte, der aber nicht zur Verfügung stand. Immerhin läßt sich aber daraus erkennen, daß ein deutlicher Zusammenhang insofern besteht, als die älteren Jahrgänge hier am Unfallgeschehen wesentlich stärker teilhaben. Der verzögerte Anstieg der Kurve kann vielleicht dahingehend ausgelegt werden, daß mit zunehmendem Alter zu-

nächst noch das dargebotene Beleuchtungsniveau genügt und außerdem die erhöhte Unfallgefahr durch die Zunahme an Übung, Umsicht und Vorsicht ausgeglichen wird, bis schließlich doch die Verschlechterung der Sehbedingungen überwiegt.

Unfälle durch stroboskopische Erscheinungen waren der gegenständlichen Untersuchung nicht zu entnehmen. Bemerkenswert ist auch, daß in keinem einzigen Fall Schäden durch Leuchtstofflampen angeführt wurden, eine Behauptung, der man sich beim Aufkommen der Leuchtstofflampen-Beleuchtung nicht selten gegenüber sah (s. dazu auch 7)).

Ergebnisse: Wenn man die Ergebnisse dieser Untersuchungen sieht, dann fällt zunächst auf, daß auch hier die weitaus meisten Unfälle durch rechtzeitige Sicherheitsvorkehrungen hätten verhütet werden können.

Auf Baustellen, Montageplätzen, aber auch auf Treppen, in Kellern und Magazinen, läßt die Beleuchtung besonders oft zu wünschen übrig. In Arbeitsräumen ist oft die Allgemeinbeleuchtung mangelhaft. Gruben und andere Vertiefungen müssen unter allen Umständen abgedeckt oder durch Umwehrung gesichert werden, wie dies ja auch die Arbeitsschutzbestimmungen verlangen. Unordnung, ungünstige Erreichbarkeit des Lichtschalters sowie vorstehende Nägel und andere spitze Gegenstände sind häufige Unfallursachen.

Ältere Menschen sind durch mangelhafte Lichtverhältnisse besonders gefährdet.

Die weitaus meisten Unfälle ereignen sich bei unzureichender oder unweckmäßiger natürlicher Belichtung; ihrer rechtzeitigen Ergänzung durch künstliches Licht ist daher besonderes Augenmerk zu schenken.

Zeitschriftenschau

Internationale Lichtrundschau, 1959, Nr. 4

Verzauberung in Athen. Von ANDRÉ CASTELOT.

Die Akropolis in Athen hat ein Ton- und Lichtspiel erhalten, welches in seiner Anlage wohl zu den größten bisher gebauten gehört. 100 t Elektromaterial waren nötig und die Umformerstation hat 600 kVA Leistung. Der Zuschauerraum auf den 600 m entfernten Pnyxhügel liegt etwa 50 m tiefer als die Akropolis selbst, so daß das Schauspiel wie ein mythisches Wunder aus den Wolken zu kommen scheint. Verwendet werden: 120 Breitstrahler 1 000 W, 120 Breitstrahler 500 W, 150 Leuchten zu 300 W für enge Lichtbündel für Farbeffekte mit Glasfilter. Zur Beleuchtung der Felsen beim Eingang zur Akropolis 126 Breitstrahler mit 1 000 W und zur Beleuchtung der Mauern selbst 180 Breitstrahler für 500 W.

Volksschule in Tapiola, Finnland. Von Dipl.-Ing. E. PÄIVÄRINNE.

Beleuchtung durch 40-W-Leuchtstofflampen in eloxierten Alu-Reflektoren, welche Schüler wie Lehrer vor Blendung schützen. Farbe „Warmweiß de Luxe“. Mittlere Beleuchtungsstärke 300 lx, im Turnsaal 150 lx.

Brücke über die Glommen in Norwegen. Von S. A. BACHE.

Die 800 m lange Brücke wird mit 108 Na-Lampen 85 W/6 200 lm beleuchtet. Zufahrt mit Leuchtstofflampen 2×40 W/2 500 lm in 45 Leuchten.

Klosterkirche in Wien. Von GERALD JACOBS, Wien.

Bei der Behebung der Kriegsschäden in der Ordenskirche der Barmherzigen Schwestern in Wien wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Architekt und Lichttechniker eine neue Form der Kirchenbeleuchtung gesucht, welche einerseits den ortsgebundenen Stimmungen gerecht werden, an-

derseits dem Kirchenbesucher ein erhebendes und befreiendes Milieu bieten soll.

Durch den Einsatz verschiedenartiger Leuchtenarten ist es vollauf gelungen, den düsteren Charakter der Kirche zu bannen und ihre architektonische Schönheit weithin mit der sakralen Örtlichkeit in Einklang zu bringen.

Die Kathedrale von St. Louis, Missouri. Von E. RAMBUSCH, New York.

Die Beleuchtung der großen, im byzantinischen Stile gehaltenen Kirche, deren Wände reich mit Mosaiken geschmückt sind, war schwierig, da alle Lichtreflexionen die Wirkung dieser Kunstwerke vernichten konnten.

Es wurde daher in der 43 m hohen Kuppel ein Viellampen-Tiefstrahler eingebaut, welcher 96 Scheinwerferlampen zu 300 W enthält und ein Gewicht von 1,5 t hat. Die Gesamtanschlußleistung ist 28 kW. Das Licht dieser Leuchte ist nach abwärts gerichtet und leuchtet die 1 100 m² große Bodenfläche mit 110 bis 130 lx aus, ohne die Wandmosaiken zu treffen.

Verwaltungsgebäude in Amstelveen. Von Arch. M. BREUER.

Dieses neue Verwaltungsgebäude der Van Leer Vatenfabriken liegt in einem Vorort von Amsterdam und ist nach modernsten lichttechnischen Gesichtspunkten eingerichtet. Die Beleuchtungsanlage ist durch Photozellen geschaltet, so daß jedem Lichtbedarf sofort selbsttätig entsprochen wird.

Die mittlere Beleuchtungsstärke in den Büros ist 350 lx bei 925 lm/m² installierten Lichtstrom.

Chaussées Modernes, Den Haag. Von A. TH. MANSVELT.

Beleuchtung durch Spiegelreflektoren mit Glühlampen 75 W für direktes, und Leuchtstofflampen für indirektes Licht. Mittlere Beleuchtungsstärke 300 lx.

Dr. Fk.

LICHT UND BELEUCHTUNG

Organ der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft

9. Jahrgang (1961)

Nr. 2

Beilage zu ÖZE 14, 1961, Heft 10

Die 15. Hauptversammlung der Commission Internationale de l'Eclairage 1963 in Wien

Von Direktor Dipl.-Ing. OTTO RUISS, Präsident des Organisationskomitees, Wien

Mit 1 Textabbildung

Vom 17. bis zum 26. Juni 1963 wird Österreich die Freude und die Ehre haben, die Delegierten der Commission Internationale de l'Eclairage zur 15. Hauptversammlung in Wien gastlich zu empfangen und mit den Lichttechnikern aus aller Welt das 50jährige Jubiläum dieser Institution zu begehen.

Die Anfänge der internationalen Zusammenarbeit auf lichttechnischem Gebiete liegen wesentlich weiter zurück und beginnen schon 1881 auf dem Pariser Elektriker-Kongreß, wo zum erstenmale auf internationaler Ebene die Probleme einheitlicher Lichteinheiten zur Sprache kamen.

1882 entstand in Paris bereits eine elektrische Einheiten-Kommission. Bei der zweiten Zusammenkunft

1889 in Paris neuerlich die Viollsche Lampe und bestimmte $\frac{1}{20}$ ihrer Lichtstärke mit der Bezeichnung „Bougie Décimale“ als Lichtstärke-Einheit.

Auf der internationalen Elektriker-Tagung 1893 in Chicago berichtete die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin an Hand großer Meßreihen über die vollkommene Unverlässlichkeit der gebräuchlichen Lichtstärke-Einheiten und erschütterte das Vertrauen zur Bougie Décimale schwerstens.

Aber auf dem nächsten Kongreß 1895 in Genf wurde die Bougie endgültig angenommen und die Hefner-Lampe erreichte nur ihre Zulassung als verlässliche technische Einheit.

Diese Uneinigkeit führte zum Aufgeben einheit-



Abb. 1. Die Wiener Hofburg

ihrer lichttechnischen Gruppe 1884 in Paris schlug HEFNER v. ALTENECK seine Amylacetat-Lampe als Lichtstärke-Einheit vor.

Trotz vieler Vorteile der Hefner-Lampe war schon damals das Bestreben vorherrschend, natürliche Grundlagen für Einheiten zu wählen und so kam es, daß trotz der Bemühungen Hefners die Viollsche Platinalampe als Einheits-Lichtquelle angenommen wurde.

Bei allen Bedenken anerkannte die „Internationale Konferenz zur Bestimmung der elektrischen Einheiten“

licher Bestrebungen nach einer internationalen Lichtstärke-Einheit.

Der deutsche Sprachraum akzeptierte und verwendete die Hefner-Kerze, Frankreich blieb bei der Bougie und die Angelsachsen nahmen unterbelastete Kohlenfaden-Lampen als Urnormale und bestimmten danach ihre „Internationale Kerze“.

Trotzdem bedeutete dieser Kongreß einen entscheidenden Wendepunkt in der Entwicklung der Lichttechnik. Der Franzose BLONDEL legte der Kommission ein

wissenschaftlich fundiertes System über die lichttechnischen Grundbegriffe und Einheiten vor, welches auf der Lichtstärke einer punktförmigen Lichtquelle aufgebaut war und dem Wesen nach heute noch in Geltung steht.

Damit waren der Lichttechnik einwandfreie theoretische Grundlagen gegeben.

Mit den Fortschritten und den technischen Entwicklungen wurden die Probleme der Lichttechnik immer dringender, so daß auf der Weltausstellung 1900 in Paris im Rahmen des internationalen Kongresses der Gasingenieure eine selbständige „Internationale Lichtmeß-Kommission“, die sich mit der Schaffung einer Internationalen Lichteinheit zu beschäftigen hatte, entstand.

Diese Lichtmeßkommission trat 1903 in Zürich zusammen. BUNTE von der physikalisch-technischen Reichsanstalt legte einen Vergleich aller in Verwendung stehender Lichteinheiten mit der Hefner-Lampe vor, um die Unmöglichkeit der internationalen Zusammenarbeit zu beweisen.

Die Lichtmeßkommission tagte noch 1907 und 1911 in Genf, konnte aber die sich ballenden Probleme nicht bewältigen, so daß sich 1913 in Berlin über Antrag des Engländers PATERSON die „Commission Internationale de l'Eclairage“ konstituierte, die das ganze lichttechnische Gebiet zu umfassen hatte.

Dies ist nun das *Entstehungsjahr* der aus international arbeitenden lichttechnischen Gruppen auskristallisierten „Commission Internationale de l'Eclairage“.

In den 50 Jahren ihres Bestandes hat sie 2 Weltkriege überdauert, aber immer wieder die Lichttechniker aller Länder zum gemeinsamen Verhandlungstisch zusammengeführt.

Große lichttechnische Probleme wurden in den 50 Jahren gelöst und ihre Anwendung allen Völkern kostenlos zugänglich gemacht.

Erkenntnisse und Fortschritte, die noch vor einigen Dezennien erregte Diskussionen auslösten, sind heute selbst für den einfachen Menschen selbstverständliches Wissensgut.

So sei nur an die Entwicklung der neuen internationalen Lichtstärke-Einheit der „Candela“ erinnert, die auf die Strahlung des schwarzen Körpers bei der Temperatur des erstarrenden Platins, also auf zwei Naturkonstante aufbaut und von äußeren Formgebungen unabhängig bleibt.

Es sei auf das internationale Wörterbuch der Lichttechnik hingewiesen, das zu einem wissenschaftlichen Nachschlagwerk wurde.

Aus immensen Versuchsreihen aller großen Laboratorien dieser Erde wurden die Empfindlichkeiten des menschlichen Auges für das Tages- und Nachtsehen ermittelt und daraus die Werte für das Durchschnittsauge bestimmt.

Das internationale CIE-Farbkoordinaten-System läßt den Farbart eindeutig bestimmen und wird so zur Grundlage der exakten Farbbestimmung und Farbmessung. Die Farben der Verkehrssignale und für den Flugdienst sind bereits auf dieser Basis fixiert und international genormt.

Als nach 1945 die Unglücksfälle im Straßenverkehr bedenklich anwuchsen und das *Abblendlicht* der amerikanischen Scheinwerfer als Ursache erkannt wurde, be-

auftragte die UNO die CIE einen internationalen Scheinwerfer zu entwickeln, der Blendungen in der Nacht ausschließt. Der asymmetrische Automobilscheinwerfer ist das Ergebnis und seine internationale Einführung wird viele Menschenleben retten.

Erfahrungen über die Beleuchtung von Fabriken, Büros, Schulen, Arbeitsplätzen im Freien und unter Tag werden zusammengetragen, von den zuständigen Komitees gesichtet, geordnet und verwertet.

Selbstverständlich kann diese umfangreiche Kommissionsarbeit nicht bei den alle vier Jahre stattfindenden Hauptversammlungen geleistet werden. 39 Experten-Komitees und technische Sekretariate in allen Ländern der Erde sind ununterbrochen tätig, um das Material zusammenzutragen, zu beraten und die Probleme zur Reife zu bringen.

Expertenkonferenzen treten während der vier Jahre in allen Ländern zusammen und verhandeln im kleinen Kreise; Unmengen von Briefen, Verhandlungsschriften, Bulletins, Tagungsberichten u. dgl. gehen vom Bureau Central in Paris mit der Post nach allen Ländern.

Auf den Hauptversammlungen werden dann jeweils die Endergebnisse dem großen Forum, den Fachleuten aus aller Welt, vorgelegt, ein letztesmal geprüft und entweder durch Beschluß anerkannt oder zur weiteren Bearbeitung zurückgewiesen.

Die nächste dieser großen Zusammenkünfte der internationalen Lichttechniker erfolgt im Juni 1963 in Wien.

Mit 5/6 Mehrheit wurde 1959 auf der letzten Hauptversammlung in Brüssel als nächster Tagungsort Wien bestimmt. Freudiger Applaus bestätigte das allgemeine Einverständnis mit dem Ergebnis der Abstimmung und mit dem Tagungsorte.

Österreich wird das neunte Gastland der Commission Internationale de l'Eclairage im Laufe ihrer fünfzigjährigen Geschichte sein.

Ein würdiger und historisch bedeutsamer Rahmen wird die Lichttechniker aus aller Welt aufnehmen, denn die 15. Hauptversammlung der Commission Internationale de l'Eclairage findet in den Festsälen der Wiener Hofburg statt; eines der modernsten Kongreßhäuser Europas wird die Delegierten gastlich aufnehmen.

Es liegt in herrlicher Lage zwischen dem Burg- und dem Volksgarten, angesichts der beiden Staatsmuseen und dem Burgtore, mit dem einmaligen Ausblick über den Heldenplatz auf das Parlament, das Rathaus, das Burgtheater, die Votivkirche und weiter bis zu den sanften Rücken des Wienerwaldes.

Neben der Aufgabe als Kongreß-Zentrum ist die Wiener Hofburg außerdem eine großartige Sammelstätte von bedeutenden Kunst- und Kulturwerten, nicht nur für Wien, sondern auch für ganz Europa.

Im Hofburg-Areal sind das hervorragende Museum für Völkerkunde, die Sammlung alter Waffen und alter Musikinstrumente, die geistliche und weltliche Schatzkammer mit den Kaiserkrönen, die Nationalbibliothek, die Albertina, eine der größten und bedeutendsten graphischen Sammlungen der Welt, die Spanische Reitschule mit den Dressurvorführungen der Lippizaner, die Burkapelle mit den Kirchenkonzerten der Wiener Sängerknaben und endlich die Schauräume

mit den Wohnappartements des kaiserlichen Hauses untergebracht.

Nach der Überquerung der Ringstraße, gleichfalls in Parkanlagen, liegen die beiden Staatsmuseen, das kunsthistorische mit den einmaligen Gemäldesammlungen und das naturhistorische mit den kostbaren Sammlungen, die von unzähligen Entdeckungs- und Forschungsfahrten aus der Zeit des Kaiserreiches herrühren.

Sollte der Wettergott während der Tagung wirklich einmal ganz ungnädig sein, so könnten die Angehörigen während der ganzen Tagungsdauer von Sehenswürdigkeit zu Sehenswürdigkeit, von Museum zu Schausammlung wandern, ohne das Areal der Wiener Hofburg zu verlassen, ohne sich vom Kongreßhause mehr als 10 Minuten zu entfernen.

Wenn sich aber der blaue Wiener Himmel über den Heldenplatz spannt und über dem fernen Wienerwald die kleinen weißen Wölkchen schweben, dann wird die Wahl zwischen Museen, Kunstschätzen und den herrlichen Wiener Grünanlagen, den Blumenbeeten, den Plätzchen unter den prachtvollen alten Bäumen und dem Wienerwald schwer werden.

Nicht nur die Umgebung und der kunsthistorische Fundus der Stadt soll den Gästen den Wiener Aufenthalt genüßreich machen, auch den Delegierten wird für ihre Arbeit ein angenehmes Milieu geboten werden.

Das Kongreßhaus liegt im Festsaaltrakt der Wiener Hofburg, umfaßt also alle Räume, in welchen die Hofestlichkeiten in Anwesenheit des Kaisers stattfanden.

Repräsentative Größe, erlesene Ausstattung gepaart mit modernster Einrichtung und die niveaugleiche Lage aller Kongreßräume sichern eine bequeme, energiesparende Abwicklung der Kongresse.

Ein Buffet mit warmen und kalten Speisen und Getränken jeder Art ermöglicht besonders Beschäftigten auch die Verköstigung im Kongreßhause und läßt unnütze Wege ersparen.

Die feierliche Eröffnung des Kongresses wird im großen Festsale erfolgen, eine Marmorhalle 42 × 23 m groß und 16 m hoch, welcher 1000 Personen faßt. Die beiden Sitzungssäle, der Zeremoniensaal mit 29 × 18 m und der neue Saal mit 37 × 14 m und 10 m Höhe, lassen die Unterbringung der Delegierten bei bequemen Tischen zu. Die Simultan-Übertragungsanlagen arbeiten drahtlos mit Transistoren-Empfängern und schränken die Tischanordnung nicht ein.

Der Heldenplatz unmittelbar vor dem Kongreßhaus ist zum Parken der Autos eingerichtet. Zufahrt und Abstellen der Wagen bereitet daher keine Schwierigkeiten.

Das Vortrags-, Referats- und Sitzungsprogramm der Tagung wird vom *Bureau Central* in Paris nach den eingereichten Arbeiten, Berichten und Referaten zusammengestellt.

Das Wiener Organisationskomitee hat die technische Abwicklung des Kongresses und das Rahmenprogramm zu gestalten.

Bei der Wiener Réunion des Präsidiums der CIE im Mai 1960 wurde festgelegt, daß Überlastungen der Kongreßteilnehmer durch überzüchtete Rahmenprogramme unbedingt zu vermeiden sind, da viele Natio-

nal-Komitees in Zuschriften an das Bureau Central diesbezügliche Ersuchen gerichtet haben. Besonders die Nächte sind sowenig als möglich für Veranstaltungen zu beanspruchen.

Die Wiener CIE-Tagung soll daher im Zeichen der Wiener Gemütlichkeit stehen und den Gästen Zeit zu privaten Spaziergängen, Theater- und Konzertbesuchen oder kleinen Ausflügen geben.

Das Bureau Central hat daher auch im Tagungs-Programm einige Nachmittage sitzungsfrei gelassen und ersucht, diese im Rahmenprogramm freizuhalten.

Eine heikle Sache war die Gestaltung des Sonntags im Rahmenprogramm, um ihn ausreichend geruhsam und doch interessant zu halten. Beratungen mit im In- und Auslande versierten Fremdenverkehrsspezialisten zeigten, daß eine Dampferfahrt auf dem Donaustrom mühelos, erholsam und für die Freunde von fern und nah ein Erlebnis sein würde.

Eine Dampferfahrt auf dem Donaustrom von Linz nach Wien, durch die schönsten Teile des zweitgrößten Stromes Europas — den Strudengau und die Wachau — zeigt landschaftliche Kostbarkeiten mitten im Herzen Österreichs.

Auf der schnellsten Trasse der Österreichischen Bundesbahnen werden die Kongreßteilnehmer in zweistündiger Sonderzugsfahrt am Vormittag von Wien nach Linz gebracht.

Ein etwa halbstündiger Spaziergang durch das schöne Linz oder eine kurze Straßenbahnfahrt läßt die Landestelle des Sonderdampfers erreichen.

Ein großes, gegen 80 m langes und 15 m breites, etwa 1000 Personen fassendes Dampfschiff wird die Teilnehmer aufnehmen, um die Mittagszeit von Linz abfahren und nach 8stündiger Fahrt, also noch vor Eintritt der Dunkelheit, in Wien eintreffen.

Die Verpflegung ist an Bord im guten Schiffsrestaurant möglich und 2 hübsche Speisesäle mit je 100 Personen Fassungsraum stehen den Reisenden zur Verfügung.

Unbedingt abgeraten wurde bei einer solchen Vergnügungs- und Erholungsfahrt von allen Land-Exkursionen. 600 Menschen ausschiffen und wieder an Bord bringen erfordert viel Zeit und bringt viel Hast. Es soll eine geruhsame Fahrt durch österreichisches Land — längs der sagen- und schicksalsreichen Nibelungenstraße werden.

Selbst bei ungünstiger Witterung bietet ein so großes Schiff jede Bequemlichkeit, bis zum Nachmittagschläfchen in den mietbaren Kabinen und alle Möglichkeiten zum geselligen Beisammensein, was bei Autofahrten vollkommen unmöglich wird.

Für das Rahmenprogramm sind folgende Veranstaltungen vorgesehen:

Montag, 17. 6., abends:	Empfang im Rathaus.
Dienstag, 18. 6., abends:	Autobusrundfahrt zur Besichtigung der öffentlichen Beleuchtungsanlagen.
Mittwoch, 19. 6., abends:	keine Veranstaltung.
Donnerstag, 20. 6., abends:	Festabend.
Freitag, 21. 6., abends:	frei für Theater- oder Konzertbesuche.

- Samstag, 22. 6., abends: Wienerwald-Autobusfahrt nach Baden, Heiligenkreuz, Neulengbach, Herzogenburg, Klosterneuburg, Besuch des Stiftes, Abendessen im Stiftskeller.
- Sonntag, 23. 6., ganztägig: Dampferfahrt von Linz nach Wien.
- Montag, 24. 6., abends: keine Veranstaltung.
- Dienstag, 25. 6., 17 Uhr: „Abschied von Wien.“ Autobusrundfahrt: Schönbrunn, Höhenstraße, Leopoldsberg, Kahlenberg. Abendessen, kurze Abschiedsfeier, Besuch von Heurigen in Grinzing.

Außer diesem großen Rahmenprogramm werden noch täglich Kunstwanderungen, Sightseeing-Fahrten und Besichtigungen unter fachlicher Führung veranstaltet werden.

Hier sind 4 Programme vorgesehen:

- I. Kunsthistorische Führungen unter fachlicher Leitung: Staatsmuseen, Schatzkammern, Schauräume der Hofburg, Nationalbibliothek, Albertina, Kaisergruft, städtische Museen, Stephansdom, Schauräume Wagenburg und Tiergarten Schönbrunn u. dgl.
- II. Allgemeine Führungen unter fachlicher Leitung, besonders für Damen: Kunstgewerbemuseum mit berühmter Teppichsammlung, Bundessammlung alter Stilmöbel, Modenschule der Stadt Wien in Hetzendorf, Spanische Reitschule, Sängerknabkonzert im Augarten, Porzellanfabrik Augarten, neue Kaufhäuser, Musikwanderung und Gedenkstätten, Son et Lumière im Belvedere, Fiakerfahrt in den Prater u. dgl.
- III. Technische Exkursionen. (Nach besonderer Vereinbarung.)
Technisches Museum, Österreichisches Eisenbahnmuseum, Post- und Telegraphenmuseum, Uhrenmuseum der Stadt Wien, Globusmuseum, Stadthalle, Staatstheater, Flughafen u. dgl.
- IV. Sightseeing-Autobusfahrten.
Altes und neues Wien, Baden, Heiligenkreuz, Kahlenberg, Klosterneuburg, Kreuzenstein, Laxenburg, Burgenland, Semmering u. dgl.
Nach Tagungsschluß „Österreich“-Rundfahrt Wien—Kärnten—Clocknerstraße—Salzkammergut und Salzburg (4 Tage).
Ein detailliertes Programm mit Kostenangaben wird den Tagungsteilnehmern rechtzeitig zugehen und an Hand der Anmeldungen das endgültige Programm abgestimmt.

Die Organisation liegt in bewährten Händen und wird von Kongreß- und Tagungskundigen unter der Mitarbeit von Berufsspezialisten besorgt.

Das Organisationskomitee besteht aus folgenden Herren:

- I. *Präsident*: Dipl.-Ing. OTTO RUISS.
Direktor der Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke.
Referat: Organisation und Führungen.
 - II. *Präsident*: Baurat h. c. Dr. phil. EDUARD SCHRACK.
Vorstand der Schrack-Elektrizitäts-A. G. Wien.
 - III. *Präsident und Geschäftsführer*: Hofrat Dr. LEOPOLD FINK.
Vizepräsident der Commission Internationale de l'Eclairage. Technische Hochschule in Wien.
Referat: Verbindung zum Bureau Central in Paris.
- Schriftführer und Pressereferent*: Dr. KURT SELDEN.
Schriftleiter der Österreichischen Zeitschrift für Energiewirtschaft.
- Schatzmeister*: Ing. KONRAD HÖFLER.
Linzer Elektrizitäts- und Straßenbahn A. G., Linz.
Referat: Linzer Organisation.

Rechnungsprüfer: Ing. Konsulent Dipl.-Ing. JOHANN SEDEL-MAYER.

- Senatsrat Dipl.-Ing. FRANZ KRONES.
Vorstand der Mag.-Abt. 33 der Stadt Wien (Öffentliche Beleuchtung).
Referat: Besichtigung der Wiener öffentlichen Beleuchtungsanlagen.
- Hofrat Dr. JOSEF STULLA-GÖTZ.
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Eichamt Wien).
Referat: Exkursionen in staatliche Betriebe.

Schrifttum:

Tagungsbericht über die 13. Hauptversammlung der CIE. 1955 Zürich.

Tagungsbericht über die 14. Hauptversammlung der CIE. 1959 Brüssel.

J. STULLA-GÖTZ: Neue elektrische und photometrische Einheiten. Wissen der Zeit 1948, Seite 79.

L. FINK: Internationale Probleme der Lichttechnik. Licht u. Beleuchtung 1953, Nr. 1.

F. KRONES: Erfahrungen über in- und ausländische Straßenbeleuchtungsanlagen. Licht u. Beleuchtung 1953, Nr. 6.

F. ALTRICHTER: Europäische und amerikanische Auto-scheinwerfer II. Licht u. Beleuchtung 1955, Nr. 3.

L. FINK: Die 13. Plenarversammlung der CIE in Zürich. Licht u. Beleuchtung 1955, Nr. 4.

L. FINK: Entwicklung und internationaler Stand der lichttechnischen Grundgrößen und Einheiten. Arch. techn. Mess. V 402/1958.

O. RUISS: Zehn Jahre Österreichische Lichttechnische Arbeitsgemeinschaft. Licht u. Beleuchtung 1959. Nr. 1.

L. FINK: Die 14. Hauptversammlung der Commission Internationale de l'Eclairage in Brüssel. Licht u. Beleuchtung 1959, Nr. 5.

LICHT UND BELEUCHTUNG

Organ der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft

9. Jahrgang (1961)

Nr. 3

Beilage zu ÖZE 14, 1961, Heft 11

Die zehnte Fachtagung der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft am 12. und 13. Mai 1961 in Linz

Von Senatsrat Dipl.-Ing. FRANZ KRONES, Wien

Mit 2 Textabbildungen

Viel beachtet von der Öffentlichkeit, haben die Österreichischen Lichttechniker im Mai 1961 ihre „Zehnte“ Fachtagung in Linz abgehalten.

Der Landeshauptmann von Oberösterreich Dr. GLEISSNER und der Bürgermeister der Landeshauptstadt Linz Dr. KOREF, sowie viele Vertreter der Kammern und Behörden nahmen an der Eröffnung der Tagung und an dem von der Stadt Linz veranstalteten Festabend teil.

Die Vorträge des reichhaltigen Programmes und die angeregten anschließenden Diskussionen konnten die Öffentlichkeit überzeugen, daß die in der Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft vereinigten österreichischen Lichttechniker die neuesten Erkenntnisse auf lichttechnischem Gebiete stetig verfolgen und breitesten Kreisen der österreichischen Lichtinteressenten zur Kenntnis bringen. Alle diese Bestrebungen kommen letzten Endes den Lichtverbrauchern zugute.

Das Tagungsprogramm setzte sich aus folgenden Referaten zusammen:

Straßenbeleuchtung

S. R. Dipl.-Ing. SCHIEFTHALER: Der derzeitige Stand der Straßenbeleuchtung in Linz.

Ing. KAISERSEDER: Die Entwicklung der Verkehrs-Signalanlagen in Linz.

Dipl.-Ing. SCHLEMITZ: Neuzeitliche blendungsfreie Straßenbeleuchtung mit der Kreuz- und Schrägoptik.

Ing. RÜCKERSHÄUSER: Das Natriumdampflicht in der Straßenbeleuchtung.

Beleuchtungsanlagen

Ing. TOMEK: Die Technik der wirtschaftlichen Tunnelbeleuchtung.

Ing. SCHATZ: Schleusenbeleuchtung.

Ing. WAIS: Anstrahlung von Baudenkmälern.

Ing. HARTMANN: Die neuen Beleuchtungsanlagen im Dampfkraftwerk Korneuburg.

Ing. CERNOHLAWEK: Erfahrungen bei der Beratung von Straßenbeleuchtungsanlagen durch ein Landesversorgungsunternehmen.

Allgemeine Lichttechnik

Ing. LANG: Eine Anlage zur Nachahmung der Sonnenbestrahlung von Fahrzeugen in einem Windtunnel.

Dr. BRUCKMÜLLER: Verbesserungen an Glühlampen.



Abb. 1. Linz an der Donau

Ing. PROHAZKA: Infrarot, Ultraviolett und Pflanzenbestrahlung. — Interessante Randgebiete der Lichttechnik.

Ing. ZIERRER: Polyester-Werkstoff im Leuchtenbau.

Innenbeleuchtung

Dipl.-Ing. RUZICKA: Innenbeleuchtung mit höheren Beleuchtungsstärken.

Ing. WIESNER: Einiges zur Blendung in der Innenbeleuchtung.

Ing. DECHAT: Probleme der Heimbeleuchtung.

Ing. MATOUSCH: Verkaufsraumbeleuchtung.

Wie ersichtlich wurden den Problemen der Straßenbeleuchtung und anderen öffentlichen Beleuchtungsaufgaben, wie der Beleuchtung der Straßentunnels, der Schleusenbeleuchtung, der Beleuchtung öffentlicher Baudenkmäler und den Erfahrungen in der Straßenbeleuchtung viel Raum gegeben und allein 9 Vorträge beschäftigten sich mit diesen Fragen.

Die Straßenbeleuchtung der Landeshauptstadt Linz und die Verkehrssignalanlagen können auf sehr beachtliche Fortschritte seit der letzten Fachtagung in Linz im Jahre 1954 hinweisen. Die Bedeutung, die der Straßenbeleuchtung in Linz beigemessen wird, ist an der

großen Zahl der modernen Gasentladungslampen in den Linzer Straßen zu erkennen.

Die Leuchtentechnik sucht durch Spezial-Leuchten mit besonderen Spiegelanordnungen die ablenkende Wirkung quergestellter Leuchtstofflampen im Straßenraum zu mildern.

Sehr eindringlich wurde die Physik der Nebel- und Dunstdurchdringung des Natriumdampflichtes besprochen und die Verbesserung, beziehungsweise Erhöhung, der Sicht- und Kontrastschärfe durch dieses monochromatische Licht dargelegt.

Straßentunnels in Schnellverkehrsstraßen müssen, um die Flüssigkeit des Verkehrs nicht zu hemmen, genau regelbare Beleuchtungsanlagen besitzen. Besonders bei Tageslicht ist die Beleuchtungsstärke im Tunnel dem Außenlicht anzupassen, um einerseits Unfälle

möglichen eine so konzentrierte menschliche Leistung durch viele Stunden.

Über die positiven Erfahrungen der Lichtberatung für die Straßenbeleuchtung in kleinen Gemeinden durch die Stromversorgungsunternehmen berichtete ein sehr interessanter Vortrag.

Der Themenkreis „Allgemeine Lichttechnik und Innenbeleuchtung“ beschäftigte sich mit den verschiedenen Spezialproblemen, welche zum Teil in das Grenzgebiet zwischen Lichttechnik und Strahlungstechnik fallen.

Interessant waren die Ausführungen über die versuchsmäßige Nachahmung der Sonnenbestrahlung zur Prüfung von Klimaanlagen für Eisenbahnwaggons.

Die Forderungen nach erhöhtem Komfort zwingen die Eisenbahnen, die Waggons nicht nur mit besserem Licht, sondern auch mit gleichmäßigem Klima auszustatten.

Solche Klimaanlagen haben im Winter bei Schnee und Sturm, im Sommer bei allen Hitzewellen und in allen Breitegraden eine gleichmäßige Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu sichern. Die hochkomplizierten Regeleinrichtungen müssen für alle Witterungs- und Klimabedingungen geprüft werden.

Die Waggons kommen daher in Windtunnels, wo Frost, Sturm und Sonnenbestrahlung in allen möglichen Kombinationen nachgeahmt und das Verhalten der Einrichtungen bestimmt werden kann.

Aber auch andere Strahlungsprobleme setzen sich immer mehr durch, sie finden auf den verschiedensten Gebieten immer mehr Verwendung.

UV-Bestrahlungen zur Entkeimung und zu medizinischen Zwecken mit Quarzbren-

nern, aber auch mit aktinischen Leuchtstofflampen, welche 280, 350 und 400 nm abstrahlen, schaffen weitgehende Verwendungsmöglichkeiten.

Zur Pflanzenbestrahlung dienen Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, welche das Wachstum fördern und über Zuchtversuche hinaus für Frühgemüse wirksam eingesetzt werden.

Die industrielle Trocknung und das Einbrennen der Lacke wird immer mehr den Infrarot-Strahlern (Glühlampen) übertragen und dadurch wesentliche Ersparnisse an Zeit und Energie erzielt.

Auch für die gute, alte Glühlampe wurde eine Lanze gebrochen und in einem Vortrag gezeigt, daß sie immer noch nicht am Ende, daß sie immer noch entwicklungsfähig ist. Äußere Form, Innenverspiegelungen, Lebensdauer und Lichtausbeute lassen wieder Fortschritte erkennen.

Auch über die vorteilhaften Eigenschaften des Polyester-Werkstoffes für Leuchten wurde eingehend gesprochen.

Die hohen Beleuchtungsniveaus in den Büros und Betrieben haben zu einer umfassenden Verbesserung der Innenbeleuchtung geführt. Was früher als übertrieben galt, ist heute schon Bedürfnis und Notwendigkeit. Das Wissen um die Verbesserung des Arbeitserfolges und der Arbeitsgüte wird immer mehr Allgemein-



Abb. 2. Linz mit Pöstlingberg

durch Blendungen zu vermeiden und andererseits unnützen Energieverbrauch zu verhindern. In komplizierten Schaltwarten wird von jeder Tunnelseite durch das Tageslicht die Beleuchtungsstärke im Tunnel eingestellt und auch selbsttätig der Witterung angepaßt.

Interessant ist, daß die relativ hohen Kosten der Lichtsteuereinrichtungen größtenteils in wenigen Jahren durch die Stromersparnisse gedeckt werden.

Ein Vortrag beschäftigte sich mit den Problemen der Schleusenbeleuchtung. Für Schiffe in Schleusen ist auch zur Nachtzeit eine ausreichende und gut abgestimmte Beleuchtung zur sicheren Durchführung der schwierigsten Schiffsmanöver notwendig.

Jede Stunde Verzögerung verteuert die Fracht von einigen 1000 Tonnen Ware, und das Durchschleusen bei Nacht ist daher wertvolle, ersparte Zeit.

Das Licht als Darstellungsmittel der Kunst wurde in einem von schönen Bildern begleiteten Vortrag über angestrahnte Baudenkmäler gezeigt.

Der sehr schwierige Dienst in den Elektrizitätswerken ist aus dem Umfang und der Vielfältigkeit der Werksbeleuchtungsanlagen zu erkennen. In den Schaltwarten sind Dutzende und aber Dutzende Meßinstrumente dauernd zu überwachen und aus ihren Anzeigen das richtige Energiespiel in den großen Verbundnetzen zu steuern.

Nur sorgsamst geplante Beleuchtungsanlagen er-

gut und hilft dem guten Licht zur stetigen Weiterverbreitung.

Ein sehr wichtiger Vortrag beschäftigte sich mit der Blendung in Innenräumen. Es ist unvorstellbar, was alles im Raume Blendungen verursachen kann. Glänzende Gegenstände, harmlose Spiegel, die Deckenleuchte, die seitliche Leuchte an der Wand können gerade genug Licht ins Auge strahlen, um es zu irritieren, kaum merkbar, aber dauernd. Nach einigen Stunden wird das Auge müde und die menschliche Konzentration läßt nach, die Nervosität beginnt. Mit einiger Fachkenntnis sind solche Störer zu erkennen und zu beseitigen und dadurch ein einwandfreies Sehen zu sichern.

Auch in der Heimbeleuchtung setzt sich die Tendenz nach mehr Licht durch. Natürlich langsam. Statt 25 Watt kommen 40 Watt in die Leuchte des Mittel-auslasses. Aber eine Menge Ständer-, Tisch- und Wandlampen, provisorisch mit Steckkontakt angeschlossen, verbessern nicht gerade schön, aber malerisch das Streben nach besserer Beleuchtung.

Neue Wohnungen sind meist günstiger daran, denn ihre Kosten lassen die Installationsrechnung kaum ins Gewicht fallen. Trotzdem wird unnötig mit Auslässen und Steckkontakten gespart, damit später die Kabel quer durch die Zimmer liegen und auch an Unfällen schuld werden. Längere Kabel am Boden sind immer ein Unfug und sollten unbedingt durch eine großzügige Verteilung der Steckkontakte, aber auch fester Wand- und Deckenleuchten vermieden werden.

Mit eindringlichen Bildern wurde noch im letzten Vortrag gezeigt, wie Verkaufsräume zu beleuchten sind, damit die Waren ins rechte Licht kommen. Immer mehr setzt sich die Erkenntnis durch, daß gerade am Abend beim hastlosen Bummel die Ware viel genauer studiert wird, daß der aufgelockerte Mensch in diesen

Stunden sich viel mehr mit seinen Wünschen und Sehnsüchten beschäftigen kann und für sie auch zugänglicher ist als bei Tag.

Diese zehnte Jubiläumstagung der Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft hatte 250 lichttechnisch interessierte Teilnehmer versammelt, und dieser in den 10 Jahren erzielte Erfolg läßt erkennen, daß der eingeschlagene Weg richtig war.

Interesse und Teilnahme entsprechen, auf die Bevölkerungszahl bezogen, vollkommen den Verhältnissen in anderen Ländern.

Die jährlichen Lichttechnischen Fachtagungen in Österreich sind bereits ein fester Faktor in der lichttechnischen Entwicklung des Landes geworden und haben vielfach Anregungen und fruchtbringenden Gedankenaustausch gebracht. Auch der Kontakt der Lichttechniker untereinander ist eine äußerst wertvolle Folgeerscheinung dieser Tagungen.

Die Linzer Fachtagung war leider nicht vom Wetter begünstigt, wenngleich die Stimmung ungebrochen ausgezeichnet blieb.

Die abendliche Stadtrundfahrt zeigte alle lichttechnischen Neuerungen der Stadt Linz und die besonderen Effekte, welche durch die Anleuchtungen erreicht wurden. Besonders die Ufergelände der Donau und die beleuchteten Brücken konnten manch aparte Stimmung vermitteln.

Der Abschluß der Linzer Fachtagung war der besonders gelungene Festabend am Pöstlingberg, wenn auch hier durch die Witterung die schönen Aspekte auf die Stadt und die Fernsicht verloren gingen.

Natürlich war auch die Autofahrt in das interessante Mühlviertel im Zeichen des schlechten Wetters gestartet. Trotzdem war manches Interessante und Kostbare aus den Schätzen österreichischer Baukunst zu sehen, und zu den Höhepunkten der Fahrt gehörte der Besuch von Käfermarkt und Freistadt.

Zeitschriftenschau

Internationale Lichttrandschau 1961, Nr. 1

Das neue Festspielhaus in Salzburg. Von Prof. Dr. CLEMENS HOLZMEISTER.

Weihnachtsdekorationen in Londoner Hauptgeschäftsstraßen. Von BEVERLY PICK, F.S.I.A.

In sieben aufeinanderfolgenden Jahren hatte die „Regent Street Association“ mit großem Erfolg Weihnachtsdekorationen durchgeführt.

Es wurde viel Wert darauf gelegt, daß die Dekorationen auch bei Tage einen ansprechenden Eindruck erweckten.

Als Dekorationsstücke wurden Medaillen mit etwa 4 m Durchmesser aus Eisendraht und Kunststoff angefertigte Engel von 3,9 m Höhe, welche mit 100 Glühlampen 4 W und 5 Volt und Allgebrauchslampen mit insgesamt 1 600 W beleuchtet waren, verwendet.

Die Dekorationen durften das von der Behörde vorgeschriebene Gewicht nicht überschreiten und mußten dem Londoner Winterwetter und dem aus Dieselöl- und Benzindämpfen zusammengebrauten „Smog“ standhalten.

Mehrzweckhalle in Wolfsburg. Von M. GÜNTHER, Hannover.

Die Halle sollte verschiedensten Sportarten dienen, wie Leichtathletik, Handball, Hockey, Boxen, Radrennen, Hochsprung, Weitsprung, Eislauf u. dgl. Der Raum von 49 × 24 m und 8,8 m Höhe wird mit 270 Leuchtstofflampen 65 W und 136 Reflektorglühlampen 500 W/8 400 lm, 2 × 15° ausgeleuchtet.

Der installierte Lichtstrom der Leuchtstofflampen beträgt 500 lm/m², der Reflektorglühlampen 800 lm/m². Die Beleuchtungsstärke beträgt 600 lx.

Vorfürhsaal der „Forges des Vulcain“, Paris.

Eine Eisenwarenhandlung im Herzen von Paris, welche durch die ausgewogene Architektur bereits auf große Entfernung die Aufmerksamkeit erweckt.

Die sorgfältig geplante Beleuchtung schafft eine reizvolle und für Eisenwaren vollkommen neuartige Betrachtungsart.

Lichtstrom etwa 1 200 lm/m² und 400 bis 600 lx Beleuchtungsstärke.

Leuchtenentwürfe aus Skandinavien.

An Hand sehr guter Farbbilder wird die schöne Eigenart skandinavischer Leuchten gezeigt.

Die logische Grundlage des Raster. Von Dr. H. D. EINBORN, Kapstadt.

Haben Raster anfänglich nur dazu gedient, den unerwünschten Austritt des Lichtes und dadurch Blendung zu verhindern, so hat die Entwicklung dazugeführt, den Raster auch dekorative Funktionen zuzuteilen.

Internationale Lichttrandschau, 1961, Nr. 2

Royal SAS Hotel, Kopenhagen. Von Prof. ARNE JACOBSON.

Das Royal Hotel mit angeschlossenem Stadtbüro der SAS weist einen 22stöckigen Hochhausteil mit zweistöckigen Anbauten auf.

Der Beleuchtungsanlage ist sehr viel Sorgfalt und Gestaltungswille zugedacht und die erzielten Effekte zeigen eine überraschende Mannigfaltigkeit, ohne daß der einheitliche Charakter verloren geht.

Licht- und Wasserspiele in Ciudad Trujillo. Von CARLOS BUIGAS, Barcelona.

Eine Riesenanlage von 50 m Breite, welche 1 100 Liter Wasser je Sekunde verarbeitet, und mit der Beleuchtungsanlage 1 800 kW Anschlußleistung besitzt. Für die Beleuchtung sind 676 Reflektorlampen 500 Watt und 872 Soffittenlampen installiert.

Drei Rheinbrücken.

Die Severinsbrücke bei Köln, die Nordbrücke in Düsseldorf und die Brücke in Duisburg zeigen die Ergebnisse einer sorgfältigen Beleuchtungsplanung.

Variable Beleuchtung in dem „Four Seasons Restaurant“ in New York City. Von JOHN VAISEY.

Die Anschlußleistung für die Beleuchtung des Restaurants gehört zu den höchsten auf der Erde und beträgt 410 kW, wozu noch weitere 150 kW für die Bühnenbeleuchtung kommen.

Die Beleuchtungsanlage ermöglicht eine ständig wechselnde Beleuchtungsstärke und Farbe, um sie der jeweiligen Jahreszeit anzupassen. Diese Lichtregulierung hat zur ausschließlichen Verwendung von Glühlampen geführt, da diese eine einfache Regelung des Lichtstromes zulassen.

Seagram-Building, New York City.

Das Anfangs 1958 fertiggestellte 38 Stock hohe Gebäude besitzt vom zweiten Stockwerk an Raumdecken, welche Tag und Nacht leuchten. Die Decken haben zwei getrennte Tages- und Nachtstromkreise. Während der Bürozeit wird eine Beleuchtungsstärke von 1 000 lx erreicht, welche während der Nacht auf etwa 250 lx herabgesetzt ist.

Das Bahnpostgebäude in Rotterdam. Von W. VON HERPEN.

Das Gebäude ist 104 m lang, 16 m breit und 57 m hoch und liegt durch die direkte Verbindung mit der Eisenbahn und den Ausfallsstraßen nach Antwerpen und Den Haag sehr günstig.

Das Gebäude weist drei wesentliche Beleuchtungssysteme auf, und zwar eine direkte Beleuchtung mit Leuchtstofflampen für hohe Räume, eine gleichförmige aus Leuchtstofflampen für Büroräume und eine Glüh- und Leuchtstofflampen gemischte für Kantinen und Aufenthaltsräume.

In den unteren Räumen sind 1 000 lm/m² bei 450 lx, in den oberen 1 630 lm/m² bei 500 lx und in den Büroräumen 1 050 lm/m² bei 350 lx installiert.

Wohnbeleuchtung.

An Hand von Beispielen fertiger Wohn- und Landhäuser in Deutschland und Holland werden eine Reihe von Beleuchtungsmöglichkeiten in verschiedenen Wohnzimmern und Nebenräumen gezeigt. Die Beleuchtungsstärken variieren zwischen 200 und 100 lx. Die Ausführungen sind mit instruktiven Abbildungen versehen.

Internationale Lichtrundschau 1961 Nr. 3

Die Beleuchtung von Krankenhäusern

1. **Krankenhaus Dijkzigt, Rotterdam.** Von C. BLANKSMA.

Beschreibung der Beleuchtung der Krankenzimmer, Korridore, Behandlungsräume, Operationssäle und der Nachtbeleuchtung.

2. **Empfehlungen für die Beleuchtungsstärke in Krankenhäusern.**

3. **Vincenz-Pallotti-Krankenhaus, Bensberg.** Von Prof. P. POELZIG, Duisburg.

Bensberg bei Köln ist eine Stadt mit 26 000 Einwohnern; das Bezirkskrankenhaus hat 250 Betten und wurde 1958 in Betrieb genommen. Es hat eine chirurgische, inner-

medizinische, gynäkologische und eine Kinderabteilung u. dgl. Beschreibung der Beleuchtungsarten für die verschiedenen Zwecke.

4. **Die Beleuchtung des Operationsfeldes.** Von ROBERT PAGES, Paris.

Die Festlegung des Beleuchtungsniveaus für das Operationsfeld hängt nicht nur von der Lage des Patienten, sondern auch von subjektiven Faktoren der Operateure und ihrer Operationstechnik ab. Die Beleuchtungsstärken im Operationssaal sind in den Ländern verschieden, an der Spitze stehen die USA mit 500 bis 1 000 lx allgemein und 18 000 bis 100 000 lx am Operationsfeld.

Die hauptsächlichlichen Beleuchtungssysteme sind:

- a) bewegliche Anlage innerhalb des Operationssaales,
- b) bewegliche Anlage außerhalb des Operationssaales,
- c) Beleuchtungskuppeln,
- d) Beleuchtungskuppeln mit beweglichen Geräten.

5. **Die Farbe im Krankenhaus.** Von ELMAR BERKOVICH, Architekt.

An Hand von Farbbildern wird die Farbabstimmung besprochen.

6. **Röntgendiagnostik.**

Die wichtigste Phase in der Röntgendiagnostik ist das Studium der Röntgenaufnahmen. Dazu werden Lichtschränke verwendet mit ungefähr 5 m × 1,2 m Beobachtungsfläche aus 12 Trübglasscheiben, auf welche die Aufnahmen geheftet werden. Die Beleuchtung erfolgt mit Leuchtstofflampen, welche etwa 10 cm von der Glasfläche entfernt sind. Lichtstrom 17 000 lm/m². Daneben gibt es auch kleinere Schränke für die Zimmer der Ärzte.

7. **Die elektrische Anlage der Poliklinik in Gent.** Von MAURICE GEINART, Gent.

Dieses Krankenhaus ist das modernste in Belgien und es wird die Installation und Einrichtung besprochen. Der Anschlußwert ist 325 kVA.

8. **Die Beleuchtung von Krankenzimmern.**

Die Beleuchtung der Krankenzimmer ist folgendermaßen zu unterteilen: Allgemeinbeleuchtung, Lesebeleuchtung, Untersuchungsbeleuchtung und Nachtbeleuchtung. Diese Beleuchtungsarten werden an Hand von etwa 25 Abbildungen eingehend besprochen.

9. **Regelbare Bettbeleuchtung.** Von JOHN VAISEY, New York.

Mit einer Regeleinrichtung am Krankentisch neben dem Bett kann sich der Patient die Beleuchtung selbst regeln. Dies entlastet die Pflegerinnen und vermeidet beim Patienten das Gefühl der Hilflosigkeit.

10. **Ständige Zusatzbeleuchtung in Krankenhäusern.** Von R. HOPKINSON.

Beim rationellen Bau von Krankenhäusern läßt es sich nicht vermeiden, Krankensäle tiefer zu bauen, als es der Beleuchtung zuträglich wäre. Große Fensterhöhen zum Ausgleich stehen wieder der Wirtschaftlichkeit entgegen. So ergibt sich die Abhilfe in einer sorgfältig bemessenen Tageszusatzbeleuchtung für solche tiefe Räume.

Aber nicht nur die Tiefe, sondern auch die Vorbauten für Liegeplätze im Freien nehmen den Räumen das Tageslicht weg, so daß auch hier Zusatzbeleuchtungen notwendig werden.

Die Anforderungen an die Sehbedingungen, das Niveau der Ergänzungsbeleuchtung werden genau untersucht und die Lösungen beschrieben.

11. **Princess Margaret-Krankenhaus Swindon, Großbritannien.** Von Arch. POWELL.

12. **Guy's Hospital, London.** Von Architekt A. S. GRAY von MESSRS.

13. **Kreiskrankenhaus in Glostrup.** Von RAGNER YPYÄ.

Dr. FINK

Die Entwicklung der Konstruktion elektrisch beheizter Emaillieröfen in Österreich

Von Dipl.-Ing. FRITZ LANGE, Wien

Mit 4 Textabbildungen

I. Anforderungen an den elektrischen Emaillierofen

Kammeröfen zum Emaillieren zählen zur ältesten Anwendung der Elektrowärme. Dieser Umstand wird verständlich, wenn man den Anforderungen, die eine Emailhütte an einen gut gebauten Ofen stellt, die Vorteile des elektrisch beheizten Ofens gegenüberstellt.

Eine der Kardinalforderungen eines Emaillierbetriebes ist die Vermeidung von Schmutz und Staub in der Hütte. Durch die einfache Energiezufuhr zum Ofen und durch den Wegfall einer Brennstoffbevorratung ist die größtmögliche Sauberkeit des Ofenbetriebes gegeben, welche auch die Ofenatmosphäre kennzeichnet und, da sie leicht oxydierend ist, das Brennen von schön glänzenden, hochwertigen Emailen erlaubt.

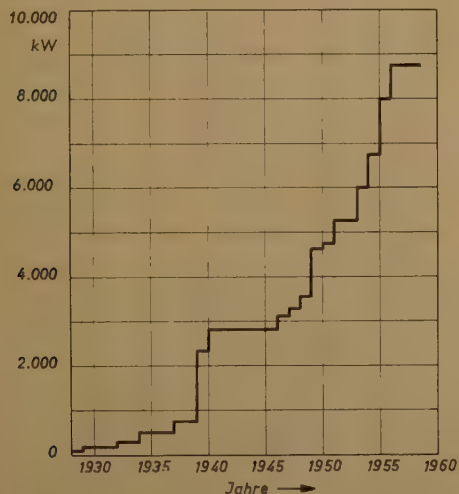


Abb. 1. Schaubild über den Anstieg der Anschlußwerte bei den elektrisch beheizten Emaillieröfen in Österreich

Die zweite, nicht minder wichtige Forderung ist jene nach möglichst gleichmäßiger Temperatur im Ofeninneren, der seit der Einführung der Emails auf der Titanbasis erhöhte Bedeutung zukommt, da bei diesen die Toleranzen in den Brenntemperaturen kleiner sind

als bei den früher verwendeten Fabrikaten. Auch dieser Forderung entspricht der elektrisch beheizte Ofen in weitestem Maße.

Dieser Bewährung ist der rasche Anstieg der Ofenleistungen in den österreichischen Emaillierwerken während der letzten 30 Jahre zu danken (Abb. 1).

II. Der Kammerofen

Viele unserer Emaillierwerke können ihre Waren nur in kleinen Serien herstellen und übernehmen darüber hinaus vielfach noch Lohnemailaufträge, so daß die Forderung nach einem universell verwendbaren Ofen gestellt werden muß. Es kann daher vorkommen, daß sich das Brennprogramm von Gußteilen für Dauerbrand-Öfen über Badewannen, Duschtassen, Spülbecken, Geschirr bis zu dünnwandigen Emailschildern erstreckt, wobei jeweils ein wirtschaftlicher Ofenbetrieb angestrebt wird. Dies mag auch der Grund dafür sein, daß der Kammerofen auch heute noch in der Emailindustrie eine bevorzugte Stellung einnimmt, da diese Bauform die Bewältigung eines so weit gestreckten Fabrikationsprogrammes zuläßt.

Waren die ersten elektrisch beheizten Emaillieröfen noch in ihrem Aufbau den brennstoffbefeuerten Muffelöfen sehr ähnlich, so erfolgte im Laufe der Zeit auf Grund der gemachten Erfahrungen eine zweckmäßige Aufteilung der Heizleistung und eine sinnvolle Anordnung der Heizgruppen, eine nach wärmetechnischen Gesichtspunkten ausgelegte Ausmauerung und eine zeitgemäße Konstruktion des Türantriebes und der Beschickvorrichtung.

Die Wärmeübertragung von der Heizwicklung auf den mit den Werkstücken belegten Rost erfolgt durch Strahlung. Die Heizleistung wird am Boden, an den Seitenwänden und an der Decke angeordnet, wozu bei Öfen mit größerer Höhe noch eine Beheizung der Tür hinzukommt. Die Kunst des Ofenkonstruktors besteht darin, eine Leistungs- und Heizgruppenaufteilung vorzunehmen, die im Verein mit der selbsttätigen Temperaturregeleinrichtung eine volle Ausnützung des Ofenraumes gestattet. Die Leistung der zwei oder drei Heizgruppen soll so bemessen und verteilt sein, daß die Temperaturregler vor dem Ende des Brandes auch zum



Abb. 2. Moderner Kammerofen, Anschlußwert 234 kW

Schalten kommen, d. h., daß die Brenntemperatur an den Meßstellen der Heizgruppen auch tatsächlich erreicht wird. Durch die Unterteilung der Anschlußleistung des Ofens in mehrere Heizgruppen wird die Voraussetzung für eine weitaus bessere Anpassung der Heizleistung an den tatsächlichen jeweiligen Wärmebedarf geschaffen, wobei die durch die Temperaturregelung ausgelösten Schaltstöße für das Netz leichter tragbar werden. Es hat sich gezeigt, daß gerade diese Überlegung für die richtige Dimensionierung der Bodenheizung von größter Wichtigkeit ist, da diese Gruppe bei flachen Werkstücken nahezu das ganze Chargengewicht in der kurzen Brennzeit anzuwärmen hat. Daher ist diese auch relativ stark auszulegen und sie wird trotzdem eine lange Einschaltdauer aufweisen.

Die Ausmauerung des Ofens, die entsprechend geformte keramische Träger für die Heizeinrichtung be-



Abb. 3. Emaillieröfen für Werkstücke aus Gußeisen, Anschlußwert je Ofen 116 kW

sitzen muß, hat eine der Arbeitstemperatur dimensionierte, aus mehreren Schichten von Leicht- und Isoliersteinen bestehende Stärke. Dabei soll die Speichereigenschaft des Mauerwerkes — von Ausnahmen abgesehen — nicht zu groß gewählt werden, da sonst die Regelfähigkeit des Ofens leiden könnte. Solche Ausnahmen sind jene Fälle, bei denen etwa schwere, dickwandige Behälter emailliert werden sollen. Das Eisen-gewicht solcher Werkstücke kann bis zu 18 Tonnen betragen und die Ofentemperatur würde beim Einfahren sehr stark absinken. Die Unterbringung eines höheren Anschlußwertes ist aber nicht möglich und vielfach könnte auch die nötige Energie nicht dargeboten werden. Die Mauerung des Ofens wird daher mit Wärmespeichern aus Magnesit versehen, wodurch der Temperaturabfall stark gemildert ist. Ein nach diesem Prinzip gebauter Emaillierofen mit einem Anschlußwert von 2 400 kW ist vor einigen Monaten in einem deutschen Werk dem Betrieb übergeben worden und arbeitet seither zur vollen Zufriedenheit.

Während bei den brennstoffbeheizten Muffeln ein mit Schamottesteinen ausgemauert Schieber den Ofenabschluß bildete, der mit einem Gestänge hochgezogen werden mußte, ist die Tür des Elektroofens ebenso wärmeisoliert wie die übrigen Wände, hat Labyrinthdichtungen und einen motorischen Antrieb mit Druckknopfsteuerung. Dadurch kann das Öffnen und Schließen der Tür rasch und ohne Kraftaufwand von Seiten des Bedienungspersonals erfolgen, wobei es sehr leicht eingerichtet werden kann, daß die Tür nur so weit geöffnet wird, als für das Ein- bzw. Ausbringen der Ware erforderlich ist.

Mit der Einführung moderner Beschickmaschinen (Abb. 2) konnte die Produktion wesentlich gesteigert werden.

In der Blechemaillierung mit kurzen Brennzeiten hat sich am besten die ortsfeste Maschine mit Querwagen für Wechselrostbetrieb bewährt. Die mehrzinkige Beschickgabel, auf der der Rost aufliegt, ist gut geführt, kann in den Ofen ein- und ausgefahren, gehoben und gesenkt werden. Beschädigungen von Heizspiralen sind infolge der Stabilität der Maschine ausgeschlossen. Der Vorteil dieser Einrichtung liegt darin, daß die Beschickzeiten kürzer gehalten werden als bei Betrieb mit einem Rost, da während des Abräumens und Neubelegens des zweiten Rostes, der auf dem zweiten Wagenteil liegt, der andere Rost im Ofen gebrannt wird. Da der Querwagen in der Regel elektromotorischen Antrieb besitzt, kann das Wechseln in kürzester Zeit erfolgen. Durch die allseitige Unterstützung des Rostes durch die Beschickgabel, können diese Brennbehelfe sehr leicht gebaut werden, so daß zu ihrer Erwärmung wenig Energie aufgewendet werden muß. Als weiterer Vorteil dieser Einrichtung muß angeführt werden, daß durch den Wechselrostbetrieb eine gleichmäßige Beschäftigung des Ofenbedienungspersonals erfolgt, welches dadurch genügend Zeit hat, die Werkstücke vor dem Auflegen auf den Rost nochmals zu prüfen und ebenso die gebrannten Teile zu sortieren, so daß die Ausschußziffer gesenkt werden kann.

In jenen Werken, in denen ausschließlich Gußteile emailliert werden, haben sich fahrbare Beschickmaschinen bewährt, die mehrere, nebeneinander stehende Öfen bedienen. Da die Brennzeiten hier 10 bis 15 Mi-

nuten sind, kann eine Maschine, bei Einhaltung einer bestimmten Taktzeit, drei bis vier Öfen beschicken (Abb. 3). Für die Gußemallierung wird man im Hinblick auf das Gewicht der Werkstücke keine allzu breiten Roste verwenden, so daß diese leicht beschickt werden können.

Eine weitere Verbesserung der Ofenausnutzung bringen auch die Etagenroste, bei denen es möglich ist, die Gußstücke in zwei übereinander liegenden Ebenen aufzulegen, oder die Werkstücke schräg aufzustellen, so daß eine größere Anzahl von ihnen Platz finden kann.

III. Durchlauföfen

Nach dem zweiten Weltkrieg war auch die Emailindustrie vor die Aufgabe gestellt, ihre Betriebe zu rationalisieren, um der internationalen Konkurrenz standhalten zu können. Es war naheliegend, den Brennvorgang, dessen präziser Ablauf für die Qualität des Endproduktes ausschlaggebend ist, in die Fließfertigung einzubeziehen und einen kontinuierlich arbeitenden Ofen anzuschaffen. Von den vielen Bauarten von Durchlauföfen hat sich fast ausschließlich der Umkehrofen eingeführt. Im Hinblick auf die Ausbringkapazität der Mehrzahl der Betriebe, wurde eine Ofengröße entwickelt, die man eher als Kleintunnelofen bezeichnen darf. Soll aber ein solcher Ofen wirtschaftlich arbeiten, dann ist ein durchlaufender Betrieb und eine volle Auslastung seiner Kapazität notwendig, weshalb bei der Auslegung dieser Ofengröße mit einem Mindestdurchsatz von 300 kg einmal gebrannter Blechware je Stunde gerechnet wurde, einem Wert, der bei Vollbeschäftigung des Werkes als erreichbar schien. Die Anschlußwerte dieser Öfen liegen zwischen 200 und 250 kW, wobei gewöhnlich eine Unterteilung der Leistung in 6 Heizgruppen erfolgte.

Der Umkehrofen (Abb. 4) besteht aus der beheizten Brennzone, die, im Grundriß gesehen, die Form eines aufgeschnittenen Ringes hat, wobei sich die Vorwärme- und Abkühlzone harmonisch an die Schnittstelle anfügen. Über der Mitte des Brennkanales befindet sich an der Ofendecke ein durchgehender Schlitz, über den die Laufschienen des Kreisförderers montiert sind. In die endlose Kette der Umlaufeinrichtung sind in Abständen die Gehängehalter angeordnet, die das Brenngehänge, das je nach dem Fabrikationsprogramm ausgebildet sein muß, tragen. Durch den offenen Spalt an der Decke würden beträchtliche Wärmeverluste entstehen, weshalb man auf den Gehängehaltern sogenannte Schuppenbleche montiert, die auf Schienen schleifen, welche außen an der Ofendecke angeordnet sind, so daß ein ausreichender Abschluß erzielt wird. Der Kreisförderer ist mit einem elektromotorischen Antrieb ausgerüstet. Die Umlaufgeschwindigkeit ist in den Grenzen zwischen 0,9 bis 3 m/min stufenlos regelbar. Da durch diese Ofenkonstruktion die Gehänge in der gradlinigen Vorwärme- bzw. Abkühlzone gegenläufig aneinander vorbeibewegt werden, geben die aus der Brennzone kommenden Gehänge ihre Wärme zum Großteil an die einlaufenden Gehänge ab. Der Wärmeaustausch wird durch mehrere, in der Vorwärmezone angeordnete Umlüfter erheblich verstärkt.

Durch die eingestellte Umlaufgeschwindigkeit des Kreisförderers ist das Arbeitstempo in der Hütte vorgeschrieben, nach welchem sich die ganze Fertigung



Abb. 4. Emaillier-Tunnelofen mit Kreisförderer, Anschlußwert 250 kW

richten muß, damit keine Stockung in der Materialzubereitung erfolgt. Die Abstrahlung der offenen Kanalquerschnitte der Brennzone und der Wärmeaustausch der Gehänge bewirken eine langsame Anwärmung der Werkstücke auf die notwendige Brenntemperatur, die bis zum Ausfließen des Emails gegen Ende der Brennzone konstant gehalten wird. Durch diesen Temperaturverlauf werden Spannungen in den Werkstücken vermieden bzw. ausgeglichen und der chemische Prozeß, den das Ausfließen des Emails darstellt, geht langsamer vor sich. Gase, wie noch etwa sich bildender Beizwasserstoff, oder verdampftes Kristallwasser des Tones, der als Mühlenzusatz gegeben wird, können entweichen, noch ehe die Oberfläche erstarrt ist. Die bessere Qualität der im Durchlaufofen gebrannten Ware und der bedeutende Rückgang des Ausschusses, dürfen zu einem großen Teil auf den geschilderten Temperaturverlauf zurückgeführt werden.

Seit einigen Jahren wurden die Emails so umgestellt, daß Grund- und Deckbrand bei gleicher Temperatur durchgeführt werden können. Dadurch entfällt das zeitraubende Anheizen bzw. Abkühlen des Ofens für Grund- bzw. Deckbrand und die Durchlaufgeschwindigkeit der Ware durch die Hütte ist wesentlich kürzer, wobei die unangenehmen Materialanhäufungen von Halbfabrikaten vermieden werden können.

Zu den geschilderten Vorteilen des Umkehrofens kommt noch hinzu, daß der spezifische Arbeitsverbrauch niedriger als beim Kammerofen ist. Mit den Kleintunnelöfen konnten bei bester Ofenausnutzung Werte von 300 bis 380 kWh/t erreicht werden.

Der Ofenbauer kann bei der Planung und Konstruktion nur die Voraussetzungen für eine rationelle Betriebsführung schaffen. In den Händen des Betriebsleiters der Hütte aber liegt es, durch richtige und zweckmäßige Führung des Ofenbetriebes, ein Minimum an Betriebskosten zu erreichen. Deshalb waren auch die Planer der Öfen stets für Anregungen von seiten ihrer Abnehmer dankbar und haben diese oft wertvollen Hinweise aufgegriffen und einer nutzbringenden Verwertung zugeführt.

Wirtschaftlichkeit elektrischer Emaillieröfen

Von OTTO HERBATSCHKE, Wien

Mit 6 Textabbildungen

1. Einleitung

In einer grundsätzlichen Arbeit hat LÜTH¹⁾ vor kurzem eine Arbeit über „Untersuchungen über die Bewertung der Brennstoffe bei Emaillieröfen“ veröffentlicht. Die Ausgangsdaten dieser Arbeit stammen teilweise aus Garantiedaten aus Ofenofferten, teilweise aus Daten, die dem Verfasser von Betriebsleitungen zur Verfügung gestellt worden sind. Die wärmetech-nische Analyse, die aus diesen Daten hervorgeht, ist mit aller Sorgfalt vorgenommen worden und kann als Muster einer derartigen Untersuchung angesehen werden. Der Schlußfolgerung, die der Verfasser aus dem Ergebnis dieser Analyse zieht, kann aber nicht zugestimmt werden, da aus dem für die einzelnen Brennstoffe sowie für elektrische Energie errechneten Wärmeverbrauch per kg Durchsatz unmittelbar auf einen „anlegbaren Preis“²⁾ geschlossen wird. Dies ist aber, wie jedem Betriebsfachmann ohne weiteres klar ist, vollkommen unzulässig. Außer dem Wärmeverbrauch spielen viele andere Komponenten eine wichtige, häufig eine ausschlaggebende Rolle bei der Bestimmung der Betriebskosten. Nur wenn alle diese Komponenten berücksichtigt werden, kann ein Vergleich der Energiepreise durchgeführt werden. Dies ist in der Literatur, die sich mit derartigen Vergleichsrechnungen vom Standpunkt der Brennstoffwirtschaft befaßt, leider fast niemals der Fall. Der Verfasser hat sich seit langer Zeit bemüht, wirtschaftliche Vergleichsberechnungen auf Grundlagen aufzustellen, welche den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen und die alle Komponenten berücksichtigen, die bei solchen Gegenüberstellungen entsprechendes Gewicht haben³⁾).

2. Die Aufteilung der Betriebskosten industrieller Öfen

Eine Analyse der beim Ofenbetrieb auftretenden Betriebskosten zeigt, daß sich diese aus drei Hauptkomponenten zusammensetzen, und zwar den Wärmekosten, den Löhnen und allen übrigen Kosten, die unter dem Begriff Nebenkosten zusammengefaßt werden. Abbildung 1 gibt diese Aufstellung sowie die weitere Unterteilung der drei Komponenten wieder, die grundsätzlich für alle Ofen- und Energiearten und alle Wärmeprozesse Gültigkeit hat und ursprünglich von V. PASCHKIS⁴⁾ aufgestellt worden ist. Auf Grund dieser Analyse soll im folgenden ein Betriebskostenvergleich zwischen brennstoffbeheizten und mit elektrischer Energie betrieb-

benen Kammeröfen für Blechemaillierung, wie sie in der österreichischen Industrie gebräuchlich sind, aufgestellt und einige Folgerungen für den Durchlaufofen (Umkehröfen) gezogen werden.

2.1. Wärmekosten

Die Wärmekosten setzen sich aus der eigentlichen Nutzwärme sowie der für die Temperaturerhöhung des toten Gewichtes — im vorliegenden Falle vor allem die Beschickungseinrichtung und Aufhängeeinrichtung — und der zur Deckung der Verluste einschließlich der Speicherung notwendigen Wärme zusammen. Zur Aufbringung dieser Gesamtwärme ist ein bestimmter Energieverbrauch erforderlich, der die Wärmekosten verursacht.

2.1.1. Nutzwärme

Unter Nutzwärme wird jene Wärmemenge verstanden, die zur gewünschten Temperaturerhöhung des Gutes bei Berücksichtigung der Anforderung an den Temperatenausgleich benötigt wird. Die Nutzwärme ist ausschließlich durch die physikalischen Eigenschaften des Gutes bestimmt. Sie kann also weder durch die Ofenkonstruktion noch durch die Bedienung in irgendeiner Weise geändert werden, da sie nur vom Gewicht des Gutes und seiner spezifischen Wärme abhängt, wobei es vollkommen gleichbleibt, durch welche Energieart sie aufgebracht wird.

2.1.2. Erwärmung des toten Gewichtes

Die zur Erwärmung des toten Gewichtes benötigte Wärmemenge wird manchmal der Nutzwärme zugezählt. Dies ist jedoch nach dem oben Gesagten im Sinne einer klaren Wärmebilanz unzuweckmäßig, da das tote Gewicht im Gegensatz zur Nutzwärme sowohl von der Ofenkonstruktion wie von der Ofenbedienung, in manchen Fällen auch von der verwendeten Energieart, abhängt. Das Verhältnis von Nutzgewicht zu Totgewicht ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit eines Erwärmungsvorganges. Bei dem in der Regel sehr ungünstigen Verhältnis bei Emaillieröfen kann eine zweckmäßige Einbringung des Gutes in den Ofen von entscheidendem Einfluß auf die Wärmebilanz sein.

2.1.3. Verluste

Grundsätzlich können die Verluste bei der Umwandlung des verwendeten Brennstoffes in nutzbare Wärme, die feuerungstechnischen Verluste und die eigentlichen Ofenverluste unterschieden werden. Da bei der Erzeugung der elektrischen Energie im Wärmekraftwerk die feuerungstechnischen Verluste dort auftreten bzw. bei Erzeugung von Energie aus Wasserkraft überhaupt nicht vorhanden sind, sind sie bei der Wärmebilanz von Elektroöfen nicht zu berücksichtigen. Sie sind jedoch

⁵⁾ V. Paschkis: Elektrische Industrieöfen für Weiterverarbeitung. Berlin: Springer-Verlag. 1932.

⁶⁾ V. Paschkis: Industrial Electric Furnaces and Appliances, Band 1. New York: Interscience Publishers Inc. 1945.

¹⁾ Dozent Dr.-Ing. Friedrich Lüth, Zeitschrift: Mitteilungen der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung e. V., Düsseldorf, Heft 6, 7, 1960.

²⁾ Die Bezeichnung „anlegbarer Preis“ ist sprachlich unrichtig; ein Preis kann niemals „angelegt“ werden.

³⁾ Otto Herbatschek: Die Elektrizitätswirtschaftliche Bedeutung der Elektrowärme. Sektion 7, Bericht 703 zum III. Internationalen Elektrowärmekongreß, Paris 1953.

⁴⁾ Otto Herbatschek: Wirtschaftliche Probleme der Elektrowärmeanwendung. Maschinenbau und Wärmetechnik, 12. Jahrgang (1957), Heft 11.

bei allen brennstoffbeheizten Öfen in die Rechnung mit einzubeziehen.

Die eigentlichen Ofenverluste bestehen aus den Leerverlusten, den Aufheizverlusten und den Speicher-
verlusten. Die Leerverluste umfassen die Wandverluste,
die Verluste durch unabgedeckte heiße Flächen, die
Türverluste usw. Die Verluste während der Aufheizzeit
setzen sich aus den gleichen Oberflächenverlusten, wie
sie bei den Leerverlusten angeführt worden sind, sowie
aus der bis zur Erreichung des Beharrungszustandes
gespeicherten Wärmemenge zusammen.

Ein Teil dieser Verluste ist dem Durchsatz des
Ofens proportional wie z. B. die Türverluste, ein an-
derer ihm nicht proportional, d. h. nur durch die Ofen-
konstruktion bestimmt, wie z. B. die Wandverluste. Durch
das Überwiegen der nicht proportionalen Verluste bei
den meisten Ofentypen ergibt sich die Notwendigkeit
einer entsprechenden Ausnützung des Ofenraumhaltes
bzw. eines entsprechenden Durchsatzes. Diese Ausnüt-
zung ist insbesondere bei Kammer-Emaillieröfen häufig
außerordentlich schlecht. Sie läßt sich jedoch durch kon-
struktive Änderungen und entsprechende betriebliche
Vorgehensweisen verbessern.

2.1.4. Anschlußwert

Zur Aufbringung des notwendigen Wärmeeinwand-
des ist ein bestimmter Anschlußwert erforderlich; dieser
muß zur Deckung unvorhergesehener Verluste, zum
Ausgleich der Spannungsänderungen des Netzes und
aus anderen Gründen höher sein als der theoretisch
berechnete Wert. Die stets vorhandene Regeleinrichtung
hat während des Betriebes, während welcher in der
Regel nur geringere Leistungen notwendig sind, für die
richtige Leistungszufuhr zu sorgen. Der Anschlußwert
darf aber nicht zu hoch gewählt werden, um die An-
schaffungskosten einschließlich der elektrischen Versor-
gungsanlage nicht unnötig zu erhöhen und die Lei-
stungskosten nicht übermäßig zu steigern.

2.2. Lohnkosten

Die Erfassung der Löhne beim Ofenbetrieb und
ihre vergleichende Gegenüberstellung bei verschiedenen
Betrieben und Betriebsarten verursacht aus begreiflichen
Gründen bedeutende Schwierigkeiten. Bei der in Ab-
schnitt 3.2 angeführten Gegenüberstellung der Betriebs-
kosten eines elektrisch betriebenen und eines ölbeheizten
Emaillierofens wurde daher auf die Angaben der Lohn-
kosten verzichtet. Dies stellt unzweifelhaft eine Benach-
teiligung des elektrischen Ofens dar. Bei gleichen Ofen-
größen und gleichem Arbeitsaufwand ist die Produktion
eines elektrischen Ofens jedenfalls größer als die eines
brennstoffbeheizten Ofens, somit der Lohnanteil je Kilo-
gramm fertiger Ware geringer. Bei der Gegenüberstel-
lung wurde nur die Lohndifferenz durch die einfachere
Bedienung des Elektroofens und die verminderten
Richtarbeiten, auf die später noch zurückgekommen
werden soll, berücksichtigt. Jener Teil der Lohnkosten,
der auf Transportarbeiten entfällt, wurde für beide
Ofenarten gleich hoch angenommen.

2.3. Nebenkosten

Im Diagramm, Abbildung 1, sind Nebenkosten am
Material, im Betrieb und am Ofen angeführt. Bei
Emaillieröfen sind bei den *Materialkosten* vor allem die

Unterschiede in der Höhe des Ausschusses von Bedeu-
tung; ebenso ist hier die Nachbearbeitung, auf welche
bereits im Punkt 2.2 hingewiesen worden ist, zu berück-
sichtigen. Von den Nebenkosten im *Betrieb* fallen bei
Emaillieröfen Lagerung und Transport des Brennstoffes
und die Versicherungskosten ins Gewicht; auch die Ver-
besserung des Leistungsfaktors der Gesamtanlage durch
Widerstandsöfen ist hier entsprechend einzusetzen. Die
Kosten für Hilfsstoffe, Hilfsmittel usw. wurden gleich
hoch angenommen, wenn dies auch nur beschränkt auf
die Kapitalkosten und Instandhaltungskosten der Beschik-

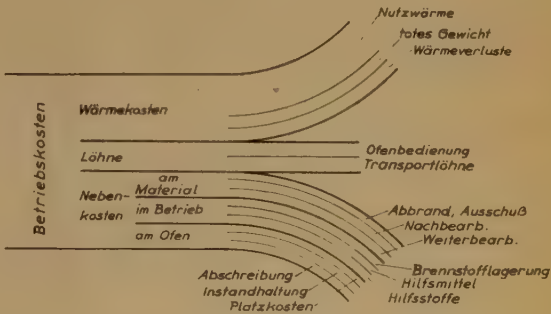


Abb. 1. Schema der Betriebskosten industrieller Öfen

kungsvorrichtung usw. zutrifft, die beim Elektroofen
günstiger liegen als beim brennstoffbeheizten Ofen. Bei
den Nebenkosten am *Ofen* sind Abschreibung und In-
standhaltung der Öfen, der elektrischen Anlage, der
Tankanlage und der Wärmerückgewinnungsanlage des
Ölofens zu berücksichtigen. Die Platz- und Gebäude-
kosten wurden gleich hoch angenommen.

3. Vergleich der Wirtschaftlichkeit brennstoff-
beheizter und elektrischer Emaillieröfen

3.1. Wärmekosten

3.1.1. Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad eines Ofens läßt sich nicht ein-
deutig definieren. Er wird davon abhängen, ob der
Ofen im kontinuierlichen oder absatzweisen Betrieb
steht, wie er beschickt oder bedient wird usw. Bei den
im folgenden angestellten Betrachtungen sind diese
Einschränkungen stets zu berücksichtigen.

Grundsätzlich setzt sich der Wirkungsgrad eines
Ofens aus dem primären und dem sekundären Wir-
kungsgrad zusammen. Der Primärwirkungsgrad, auch
thermischer oder feuerungstechnischer Wirkungsgrad
genannt, gibt den Nutzeffekt der Umwandlung des
Brennstoffes in nutzbare Wärme an (siehe 2.1.3). Er
wird durch die Bezeichnung

$$\eta_{th} = \frac{i_1 - i_2}{i_1}$$

ausgedrückt, wobei i_1 den Wärmehalt der Verbren-
nungsgase in kcal/Nm³ und i_2 den Wärmehalt der
Abgase bedeutet. Der Wirkungsgrad wird um so größer,
je größer i_1 und je kleiner i_2 ist. Um das höchste i_1 zu
erreichen, muß die Verbrennung mit dem günstigsten
Luftüberschuß erfolgen; um i_2 so klein als möglich zu
halten, muß die Abgaswärme entsprechend ausgenützt
werden.

Abbildung 2 zeigt die im Ofen verbleibende Wärmemenge in Prozenten der zugeführten, in Abhängigkeit von der Abgastemperatur bei den für die verschiedenen Brennstoffe günstigsten Luftüberschüssen⁷⁾. Da, wie bereits erwähnt, der Primärwirkungsgrad beim elektrischen Betrieb gleich 1 ist, tritt beim Elektroofen die ganze zugeführte Energie als Wärme in Erscheinung.

Im praktischen Betrieb wird der Luftüberschuß beträchtlich von dem im Diagramm angeführten ab-

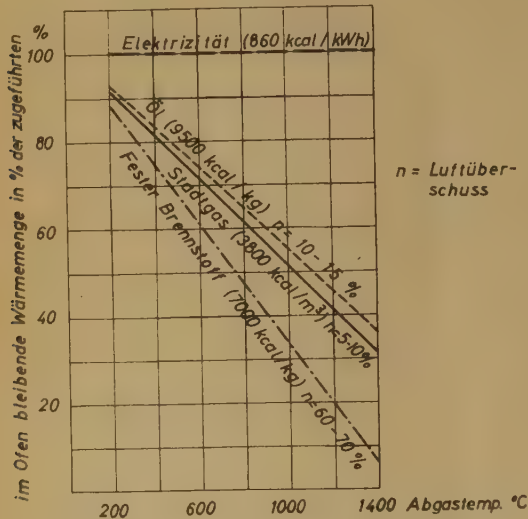


Abb. 2. Im Ofen verbleibende Wärmemenge

weichen. Die im Ofen verbleibende Wärmemenge Q_0 muß daher geringer und damit der thermische Wirkungsgrad kleiner werden.

Diese Wärmemenge wird durch die Beziehung

$$Q_0 = H_u \cdot M \cdot \eta_{th}$$

ausgedrückt. Hierbei bedeutet

H_u unterer Heizwert des Brennstoffes in kcal je Kilogramm Brennstoff,

M aufgewendete Brennstoffmenge in Kilogramm.

Die Wärme Q_0 ist mit der im Ofen verbrauchten identisch. Sie dient zur Deckung der Nutzwärme Q_n einerseits und der Verluste einschließlich Speicherwärme Q_v andererseits.

Der Ofenwirkungsgrad ist somit

$$\eta_o = \frac{Q_n}{Q_0} = \frac{Q_n}{Q_n + Q_v}$$

Der Gesamtwirkungsgrad η_g setzt sich zusammen aus

$$\eta_g = \eta_{th} \cdot \eta_o$$

oder anders ausgedrückt

$$\eta_g = \frac{Q_n}{H_u \cdot M}$$

In Abbildung 3 sind die aus Messungen bei nicht kontinuierlichem Betrieb ermittelten Werte des Gesamtwirkungsgrades in Abhängigkeit von der Arbeits- bzw. Abgastemperatur aufgetragen. Infolge des Fehlens der

thermischen Umwandlung der Rohenergie und des im allgemeinen günstigeren Ofenwirkungsgrades sinkt der Wirkungsgrad der Elektroöfen mit der Arbeitstemperatur bedeutend langsamer ab wie jener der brennstoffbefeuerten Öfen; die Werte für diese sind, wie oben bereits bemerkt, bei günstigsten Luftüberschüssen gewonnen worden; sie liegen verhältnismäßig eng beisammen. In den Wirkungsgraden für brennstoffbefeuerte Öfen ist der notwendige Energieaufwand für den Be-

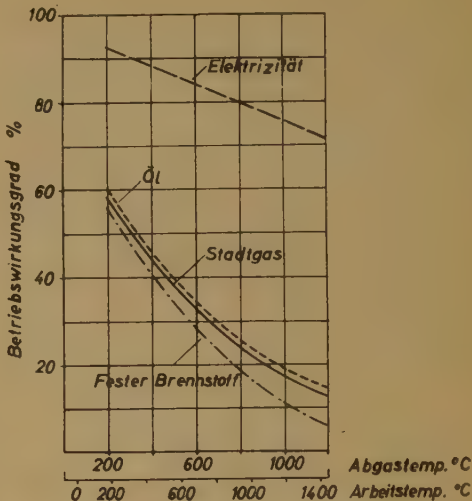


Abb. 3. Ofenwirkungsgrade

trieb elektrischer Motoren für Brenner, Ölpumpen, Luftumwälzung und ähnliche Zwecke, die bei elektrischen Öfen entweder nicht vorhanden oder im spezifischen Verbrauch inbegriffen sind, nicht berücksichtigt. Würde dieser Energiebedarf hinzugezählt werden, so wäre eine weitere Verschlechterung der Gesamtwirkungsgrade brennstoffbefeuerten Öfen festzustellen.

3.1.2. Verbrauchsverhältnisse

Aus den Ergebnissen der bisherigen Überlegungen läßt sich eine Gegenüberstellung der Verbrauchsverhält-

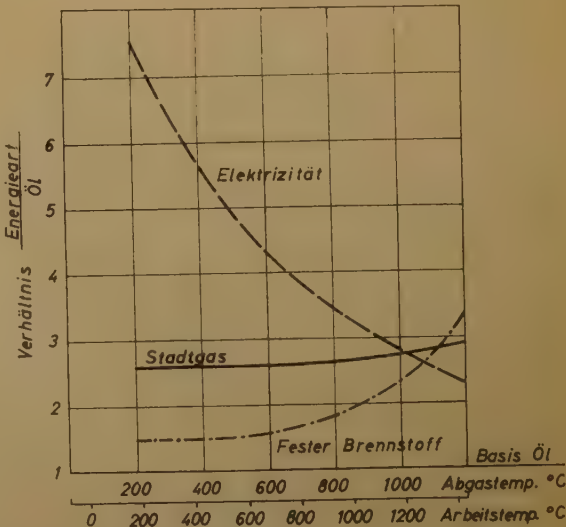


Abb. 4. Mengenmäßige Verbrauchsverhältnisse einiger Energieträger zum Öl

⁷⁾ Nach BAUSER und REPKY: Der Nutzungswert einiger Energiearten für industrielle Wärmegeräte. „Gas“ — Zeitschrift für die Gasverbraucher in Industrie, Gewerbe und Haushalt.

nisse der Energieträger skizzieren, wie sie Abbildung 4 zeigt. Auf der Abszisse sind wieder Arbeits- bzw. Abgastemperaturen ohne Berücksichtigung von Wärmerückgewinnung aufgetragen. Die Ordinate gibt das mengenmäßige (nicht das kalorienmäßige) Verhältnis des betreffenden Energieträgers zum Öl wieder. So läßt sich z. B. aus diesen Kurven ablesen, daß bei einer Arbeitstemperatur von 850°C, die einer Verbrennungstemperatur von rund 1 000°C entspricht, der Aufwand eines kg Öls dem Verbrauch von rund 3,7 kWh elektrischer Energie für den gleichen Wärmevergange entspricht. Diese Ziffern gelten für Öfen ohne Wärmerückgewinnung. Wärmerückgewinnung ist nach Lüth bei einigen Typen von Emaillofen möglich und bei anderen nicht. Dort, wo sie durchgeführt werden kann, ist eine max. Erwärmung der Luft auf 400°C erzielbar. Daraus ergibt sich eine ungefähre Abgastemperatur von

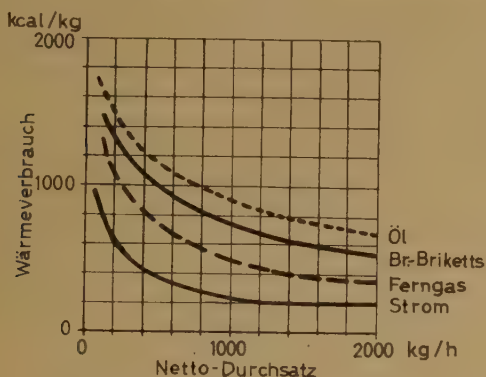


Abb. 5. Wärmeverbrauch von Emaillofen in Abhängigkeit vom Durchsatz

rund 600°C. Bei dieser Temperatur würde sich aus der genannten Darstellung ein Verbrauchsverhältnis von 1 kg Öl zu rund 4,2 kWh ergeben.

Lüth hat aus einer großen Anzahl von Emaillofen den Wärmeverbrauch in Abhängigkeit vom Nettodurchsatz, bezogen auf die reine Betriebszeit, ermittelt. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in Abbildung 5 wiedergegeben. Bei einem Durchsatz von 200 kg je Stunde, was etwa dem Emaillieren von sechs Badewannen entspricht, steht einem Wärmeverbrauch von rund 600 kcal pro kg einfach gebrannte Ware bei elektrischem Betrieb ein solcher von rund 1 550 kcal beim Ölbetrieb gegenüber. Wenn diese Ergebnisse auf die in Abbildung 4 gegebene Darstellung umgerechnet werden, also nicht ein Kalorien-, sondern ein Mengenvergleich durchgeführt wird, so ergibt sich ein Verhältnis von 1 kg Öl zu 4,2 kWh, also genau der gleiche Wert wie bei der oben angeführten Berechnung. Bei dieser Gegenüberstellung ist aber zu berücksichtigen, daß, wie bereits erwähnt, die Durchsätze bei einem Elektroofen größer sind als bei einem brennstoffbeheizten Ofen gleicher Dimension, so daß tatsächlich, auf gleichen Durchsatz gerechnet, ein Mengenverhältnis von rund 1:4 zwischen elektrischer Energie und Öl angenommen werden kann.

Aus der Darstellung von Lüth ist ein weiterer interessanter Vergleich zu ziehen. Je höher der Durchsatz ist, um so günstiger gestaltet sich das Verhältnis zwischen dem Wärmeverbrauch von Elektroöfen und brennstoffbeheizten Öfen. Wie aus dem Verlauf der

Kurven unmittelbar zu ersehen ist, sinkt z. B. bei einem verhältnismäßig kleinen Umkehröfen von etwa 500 kg Durchsatz/h das Mengenverhältnis zwischen dem Verbrauch von Elektrizität und Öl auf 1:3. Bei ganz großen Öfen, wie sie in Österreich allerdings nicht in Verwendung stehen, wird dieses Verhältnis für den elektrischen Betrieb noch günstiger.

Bei dieser Gegenüberstellung ist nicht berücksichtigt, daß die Zusammensetzung primärer Brennstoffe wie Öl nicht immer die gleiche ist, wodurch sich der spezifische Energieverbrauch solcher Öfen ändern wird. Häufig können wegen der Konstruktion der Öfen schwere Heizöle nicht verwendet werden; die notwendigen hochwertigeren Öle bedingen aber eine entsprechende Steigerung der Wärmekosten.

3.2. Gegenüberstellung der Betriebskosten eines elektrisch betriebenen und eines ölbeheizten Emaillofens

Die vorstehenden Überlegungen sollen im folgenden zur Aufstellung eines Betriebskostenvergleiches zwischen einem elektrisch betriebenen und einem ölbeheizten Kammerofen, mit Wärmerückgewinnung bei letzterem, angewendet werden. Die Daten sind der Praxis entnommen und die Betriebswerte durch Messungen festgestellt worden. Es ist durchaus möglich und sogar wahrscheinlich, daß diese Werte von jenen, die in anderen Betrieben ermittelt worden sind, mehr oder weniger abweichen. Es ist aber nicht der Sinn der folgenden Gegenüberstellung, eine für alle Fälle richtige Betriebskostenberechnung aufzustellen. Worauf es vielmehr ankommt ist das Prinzip einer solchen Gegenüberstellung und der Hinweis auf die wichtigsten Faktoren, welche hierbei zu berücksichtigen sind.

In Tabelle 1 ist diese Gegenüberstellung wiedergegeben.

3.2.1. Investitionskosten

Im vorliegenden Falle wurde ein Elektroofen mit 3,3 m³ Inhalt, einem Anschlußwert von 210 kW und einer Jahresproduktion von rund 300 000 kg dreimal gebrannter Ware einem Öfen mit 2,8 m³ Inhalt und einer Jahresproduktion von rund 220 000 kg dreimal gebrannter Ware gegenübergestellt.

Die Investitionskosten der Öfen sind ohne Beschikungsmaschine angegeben. Zum Betrieb des Elektroofens muß eine Transformatorstation vorhanden sein; die anteiligen Kosten einer solchen Station sind ebenfalls in den Investitionsaufwand aufzunehmen.

Beim Öfen ist ein kleiner Anteil an der Abspanneranlage des Gesamtbetriebes einzusetzen, der für die Energielieferung für Ölpumpe, Brenner, Luftumwälzung, elektrischer Heizung des Öltanks usw. erforderlich ist. Der Zentraltank selbst erfordert mit der notwendigen Pumpeneinrichtung einen beträchtlichen Aufwand. In der Regel ist für den Bedarf eines Betriebstages ein Tagestank mit elektrischer Heizung vorgesehen. Die Abwärmeeinrichtung bildet einen weiteren bedeutenden Posten des Investitionsaufwandes. Trotz dieser verschiedenen zusätzlichen Aufwendungen sind aber die Investitionskosten der Elektroofenanlage höher als die der Öfenanlage.

Von den in Abbildung 1 angeführten Betriebskosten seien zunächst die Nebenkosten am Ofen angeführt.

3.2.2. Nebenkosten am Ofen

3.2.2.1. Kapitalkosten

Der Berechnung der Kapitalkosten wurde eine Verzinsung von 7% pro Jahr zugrunde gelegt. Die Amortisationsquoten sind der tatsächlich betrieblichen Wertverminderung der einzelnen Teile der Ofenanlage entsprechend angesetzt worden. Der Unterschied der Lebensdauer beim Elektroofen und beim Ölofen ist durch die Praxis durchaus begründet. Wie die Investitionskosten sind auch die Kapitalkosten beim Elektroofen höher als beim Ölofen, wenn auch der Unterschied verhältnismäßig gering ist.

3.2.2.2. Instandhaltungskosten

Bei diesem Teil der Betriebskosten wurde zwischen laufender Ofenpflege und Reparaturkosten unterschieden. Für erstere ist ein bestimmter Prozentsatz der Anschaffungskosten angenommen worden, der etwa den durchschnittlichen Werten in der Praxis entspricht. Die bei Reparaturkosten angeführten Beträge sind aus langjährigen Durchschnitten ermittelt worden.

Beim Ölofen sind zu den Ausgaben für Tankreinigung, Tankinstandhaltung usw. auch die Verluste durch Ölrückstände hinzugechnet worden, da ihre Anführung bei den Energiekosten das Bild etwas verzerren würden. Der Betrag wurde der Einfachheit halber in Abhängigkeit von den gesamten Ölkosten errechnet.

Wie bereits anfangs bemerkt, wurden die Platzkosten, da sie als gleich groß angenommen worden sind, in der Gegenüberstellung nicht berücksichtigt.

3.2.3. Nebenkosten am Material

3.2.3.1. Ausschuß

In den Nebenkosten am Material sind nach Diagramm, Abbildung 1, Abbrand bzw. Ausschuß, Nachbearbeitung und Weiterbearbeitung eingeschlossen. Abbrand entsteht nur bei Schmelzprozessen, kommt also bei Emailliervorgängen nicht in Betracht. Dagegen ist die Gegenüberstellung des Ausschusses bei beiden Ofenbetriebsarten von ausschlaggebender Bedeutung. Auf Grund der Erfahrungen österreichischer Betriebe kann im Mittel mit einer Verminderung des Ausschusses beim Elektrobetrieb gegenüber dem Ölbetrieb von 5% gerechnet werden. Dieser Prozentsatz schließt sowohl völlig unbrauchbare Ware wie solche ein, die noch als zweite oder dritte Wahl in den Handel gebracht werden kann. Um diese Differenzierung zu berücksichtigen, wurde in die Betriebskostenberechnung nur eine Ausschußdifferenz von 3% der Produktion des Elektroofens eingesetzt und ein geringerer als der tatsächliche Preis der Ware der Berechnung zugrunde gelegt.

3.2.3.2. Nachbearbeitung

Eine Verminderung der Kosten des Elektroofenbetriebes entsteht durch die erfahrungsgemäß geringeren notwendigen Richtarbeiten gegenüber den beim brennstoffbeheizten Ofen. Zu der sich dadurch ergebenden Ersparnis an Lohnkosten ist eine weitere wegen der einfacheren Bedienung des Elektroofens hinzuzurechnen. Die gesamte Ersparnis wurde mit 50% des Lohnes eines Arbeiters einschließlich sozialer Abgaben usw. festgesetzt, was möglich ist, weil in dem untersuchten Betrieb mehrere Öfen vorhanden sind.

3.2.4. Nebenkosten im Betrieb

3.2.4.1. Verbesserung des Leistungsfaktors

Die Verbesserung des Leistungsfaktors des Gesamtbetriebes durch die mit einem Leistungsfaktor $\cos \varphi = 1$ arbeitenden Widerstandsöfen wird bei der Aufstellung von Betriebskostenberechnungen gewöhnlich nicht berücksichtigt. Im vorliegenden Beispiel werden für den Betrieb der Licht- und Kraftanlage etwa 150 kW benötigt; ihr durchschnittlicher Leistungsfaktor beträgt $\cos \varphi$ 0,65. Durch den Elektroofen wird eine Verbesserung des Leistungsfaktors erzielt, die der Kompensation mittels statischen Kondensatoren mit einer Leistung von rund 100 kVar gleichkommt. Die Ersparnis an Verzinsung und Amortisation dieser Kondensatoren kann mithin zu Gunsten des Elektrobetriebes gebucht werden.

3.2.4.2. Feuerversicherung, Lagerhaltung

Die geringeren Risiken beim Elektroofen wirken sich in einer möglichen Verringerung der Prämie für seine Feuerversicherung aus, die ebenfalls in die Betriebskostenrechnung einzusetzen ist.

Ein weiterer Punkt betrifft den Zinsendienst für die gelieferte Energie. Elektrische Energie wird im nachhinein verrechnet; in der Regel besteht zwischen Verbrauch und Zahlung eine Frist von mehr als einem Monat. Brennstoff muß in entsprechender Menge vorher gelagert werden, so daß auch bei gegebener Zahlungsfrist gegenüber der elektrischen Energie eine gewisse Zinsenbelastung auftritt, die ebenfalls bei einer Gegenüberstellung zu berücksichtigen ist. Die Kosten für den Transport des Brennstoffes vom Öltank zum Ofen sind unter 3.2.5.2. angeführt.

3.2.5. Wärmekosten

3.2.5.1. Elektroofen

Auf Grund der durchgeführten Messungen wurde ein mittlerer Stromverbrauch von 260 kWh je 100 kg Durchsatz dreimal gebrannter Ware einschließlich aller motorischen Antriebe festgestellt.

Unter 3.1.2., Verbrauchsverhältnisse, wurde bemerkt, daß bei einem Durchsatz von rund 200 kg/h ein Wärmeverbrauch von 600 kcal/kg einfach gebrannter Ware auftritt. Dies entspricht einem Wärmeverbrauch von 1 800 kcal bei dreifach gebrannter Ware oder rund 2,1 kWh/kg. Der tatsächliche Verbrauch liegt also im vorliegenden Fall infolge ungünstiger Betriebsverhältnisse beträchtlich höher.

Die Strompreise sind in die Wärmekostenberechnung zunächst nicht eingesetzt worden; aus den Ergebnissen der Betriebskostenberechnung soll vielmehr jener Strompreis ermittelt werden, bei dem Gleichheit der Kosten zwischen Elektroofen- und Ölofenbetrieb besteht.

3.2.5.2. Ölofen

Im Abschnitt 3.1.2. wurde dargelegt, daß ein Verbrauchsmengenverhältnis von ca. 1:4 zwischen elektrischer Energie und Öl angenommen werden kann. Bei einem Energieverbrauch von 2,60 kWh/kg dreimal gebrannter Ware ergibt sich mithin ein Ölverbrauch von 0,65 kg/kg. Dieser Wert ist durch Messungen größenordnungsmäßig bestätigt worden.

Als Kosten des Heizöles, schwer, das für den betreffenden Ölofen verwendet wird, wurden die anfangs

Jänner 1961 für Bezüge im Tankwagen gültigen Preise eingesetzt.

Zum Ölverbrauch ist noch der Stromverbrauch für Luftumwälzung, Ölförderung, Heizung des Tagestanks, Brennermotor usw. hinzuzurechnen. Er beträgt bei der untersuchten Ofentype rund 6½ kWh/100 kg dreimal gebrannte Ware. Die Kosten der elektrischen Energie zum Betrieb dieser Stromverbrauchseinrichtungen sind nach fiktiven Sonderpreisen berechnet worden, die aber den von österreichischen Elektrizitätswerken im Mittel für Kraftverbraucher eingeräumten Sonderpreisen entsprechen (siehe Tabelle 2).

Durch die Abwärmeverwertungseinrichtung, mit welcher der Öfen ausgestattet ist, wird eine Verminderung der Brennstoffkosten erzielt. Sie wurde im vorliegenden Fall aus den Ersparnissen an anderen Brennstoffen errechnet, welche für die gleichen Zwecke, für die die Abwärmeverwertung dient, hätten aufgewendet werden müssen.

3.2.6. Gesamtkosten

Aus der Summe der Betriebskosten des Öfens wurden die Kosten je kg dreimal gebrannte Ware ohne Lohnkosten ermittelt. Die Gesamtkosten des Elektrobetriebes dürfen, um Gleichheit der Gesamtkosten bei Elektroöfen und Ölofen zu erreichen, den Betrag, der sich aus dem Produkt aus der Jahresproduktion und dem Preis für die Emaillierung je kg dreimal gebrannter Ware im Ölofen ergibt, nicht übersteigen. Die Berechnung ist in der Tabelle 1 durchgeführt; von den bei den beiden Betriebsarten entstehenden Kosten sind die entsprechenden Ersparnisse abgezogen worden.

3.2.7. Wertschätzung

Bei der Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Energiearten dürfen verschiedene Vorteile der einen oder anderen Seite nicht übersehen werden, die teilweise materieller, teilweise ideeller Art sind und die sich nicht immer unmittelbar zahlenmäßig ausdrücken lassen. In die Betriebskostenrechnung sind die Auswirkungen einiger dieser Vorteile in den Punkten 3.2.4. und 3.2.5.2. bereits aufgenommen worden. Hierzu kommen bei Elektroöfen andere materielle Vorteile wie Entfall von Rauchfängen, relativ kurze Anheizzeiten, gute Regelfähigkeit, die insbesondere bei den heute ausschließlich verwendeten säurebeständigen Emails von ausschlaggebender Bedeutung ist, schnelle Reaktion bei Änderung der Arbeitstemperatur, gleichmäßige Temperaturverteilung im Ofeninnern, geringere Stillstandszeiten infolge geringerer notwendiger Reparaturen und geringere Störfähigkeit. Der stets gleichbleibenden Qualität der elektrischen Energie steht die wechselnde Zusammensetzung der Schweröle, vor allem ihres Schwefelgehaltes je nach ihrer Herkunft, sowie ihre Verkokungsempfindlichkeit gegenüber; beide können die Störfähigkeit des Öfens beeinflussen. Von den ideellen Vorteilen des Elektroofens seien vor allem die besseren Arbeitsbedingungen infolge Wegfallens von Rauch, Ruß, Gasen usw. in den Arbeitsräumen, die Sauberkeit des Betriebes, die Einfachheit der Handhabung usw. angeführt.

Diese und ähnliche Vorteile des elektrischen Betriebes werden in dem Begriff der „Wertschätzung“ zusammengefaßt und in der Vergleichsrechnung mit

einem entsprechenden Betrag berücksichtigt, der in der Regel mit 10% bis 15% der Betriebskosten angenommen wird. Im vorliegenden Falle ist die untere Grenze mit 10% in die Kostenrechnung eingesetzt worden; um diesen Prozentsatz kann somit der durchschnittliche Strompreis bei Kostengleichheit der Emaillierung im Ölofen und im Elektroofen höher sein als der errechnete.

3.3. Umkehröfen

Die unter 3.2. angeführten Überlegungen gelten sinngemäß für die heute im steigenden Maße in der Emaillierindustrie verwendeten Umkehröfen. Im Abschnitt 3.1.2. wurde bereits bemerkt, daß das Verhältnis der reinen Energiekosten zwischen Elektrobetrieb und Ölbetrieb sich mit steigendem Durchsatz zu Gunsten des ersteren verbessert. Hierzu kommt noch, daß bei den meisten Umkehröfen schweres Heizöl, das der Betriebskostenrechnung des Kammerofens zugrunde gelegt wurde, nicht verbrannt werden kann. Es müssen vielmehr leichte Heizöle verwendet werden, deren Preis rund 60% über jenen der schweren Heizöle liegt. Mit einem relativen Anteil der Energiekosten des Öfens an den gesamten Betriebskosten (ohne Lohnkosten) von rund 50%, würde sich demnach der zulässige Strompreis bei Gleichheit der Gesamtbetriebskosten um rund 30% erhöhen.

4. Stromkosten

Die in der Tabelle 1 durchgeführte Berechnung ist nur dann sinnvoll, wenn bei dem gegenwärtigen Strompreisniveau in Österreich die resultierenden Preise auch erzielbar sind. Dies ist, wie im folgenden gesagt werden soll, für größere Betriebe durch Abschluß von Sonderverträgen mit den betreffenden Elektrizitätsversorgungsunternehmen tatsächlich der Fall.

4.1. Gestehtungskosten

Die Gestehtungskosten für Energieerzeugung, Fortleitung und Verteilung setzen sich, wie in der Wirtschaft im allgemeinen, aus einem festen und einem veränderlichen Anteil zusammen. Die festen Kosten umfassen den Kapitalsdienst, einen Teil der Instandhaltungs- und Personalkosten sowie die allgemeinen Un-

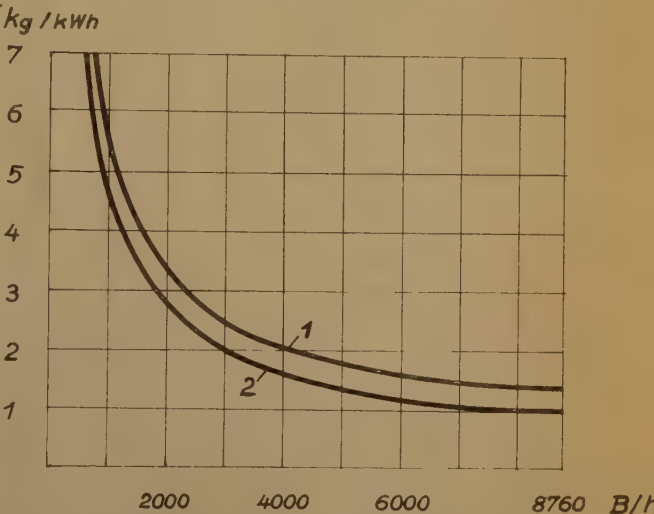


Abb. 6. Gestehtungskosten 2 und Strompreise 1 in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer

kosten, die veränderlichen Kosten, hauptsächlich den Aufwand für die Betriebsstoffe und die restlichen Bedienungs- und Instandhaltungskosten.

Der Anteil der festen Kosten an den Gesamtkosten je erzeugter Kilowattstunde ist von der Benutzungsdauer der Anlagen des Elektrizitätswerkes abhängig. Die Kostengleichung hat daher die Form

$$k_g = \frac{k_f}{B} + V.$$

Hiebei bedeutet

k_f feste Kosten je kW,

B Benutzungsdauer in h/Jahr,

V veränderliche Kosten je kWh.

Dies ist die Gleichung einer Hyperbel, wie sie in Abbildung 6, Kurve 2, dargestellt ist.

4.2. Strompreise

In der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft besteht das Bestreben, die Preise so nahe als möglich den Kosten anzupassen; dementsprechend wird auch die Preisstruktur einen ganz ähnlichen Verlauf aufweisen wie die Kostenstruktur.

Die Strompreise bestehen daher ebenfalls aus einem fixen Anteil, dem Leistungs- oder Grundpreis und aus einem veränderlichen Anteil, dem Arbeitspreis. Bei strikter Erfüllung der Anpassung müßte der Leistungspreis relativ hoch und der Arbeitspreis verhältnismäßig niedrig sein. Dies ist aus praktischen Gründen nicht möglich; daher wird ein Teil des Leistungspreises in den Arbeitspreis verlegt.

Wie bei den Gestehungskosten wird der Anteil des Leistungspreises am Durchschnittspreis umso geringer werden, je höher die Benutzungsdauer der vorhandenen Anlagen des Abnehmers ist; die Preiskurve 1) in Abbildung 6 verläuft demgemäß der Kurve der Gestehungskosten parallel.

Die Messung der in Anspruch genommenen Leistung erfolgt beim Abnehmer entweder in Kilowatt (kW) oder in Kilovoltampere (kVA), wobei nicht die Momentanwerte registriert, sondern, um Zufallsspitzen auszuschalten, die viertelstündigen durchschnittlichen Leistungen durch besondere Meßinstrumente erfaßt werden. Da die Leistungsmessung gewöhnlich für den Licht-, Kraft- und Wärmebedarf eines industriellen Unternehmens gemeinsam erfolgt, muß die für Wärmezwecke allein benötigte Leistung durch eine besondere mit der Gesamtmessung synchron erfolgenden Messung (mittels eines Summendifferenzgerätes) ermittelt oder geschätzt werden.

Bei der Berechnung des Durchschnittspreises aus Grund- und Arbeitspreis für Wärmezwecke darf mithin nur der durch die Öfen beanspruchte Anteil an der maximalen Leistungsentnahme herangezogen werden.

Anschlußwert und Leistungsbedarf elektrischer Öfen sind nicht identisch; überall dort, wo die Leistung eines Ofens durch Thermoregler dem Bedarf angepaßt wird bzw. wo mehrere Öfen gleichzeitig in Betrieb stehen, ist die über eine Viertelstunde integrierte Leistung geringer als der Anschlußwert der Öfen.

Für die elektrische Arbeit wird bei industriellen

Abnehmern in der Regel ein nach der Jahres- und Tageszeit verschiedener Preis verrechnet. Die Gründe liegen in dem Unterschied von Anbot und Nachfrage in diesen Zeitspannen, wie sie in den Belastungsdiagrammen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen zum Ausdruck kommen. Gewöhnlich wird zwischen Sommer- und Winterpreisen bzw. Tag- und Nachtpreisen unterschieden. Die Wärmepreise können gleich oder niedriger sein als die Arbeitspreise für Licht- und Kraftverbraucher; die Zählung des Stromverbrauches für Wärmezwecke erfolgt aber in der Regel durch einen gesonderten Zähler.

4.3. Berechnung der Durchschnittsstrompreise

In der Tabelle 2 ist zunächst die Art der Berechnung des Durchschnittsstrompreises in allgemeiner Form angeführt. Die entsprechenden zahlenmäßigen Werte für Grund- und Arbeitspreise lassen sich durch Anfragen bei den betreffenden Elektrizitätsversorgungsunternehmen feststellen. Bei dem angeführten Beispiel sind 2 Emaillieröfen im gleichen Betrieb vorhanden, von denen jeder die gleiche Größe und den gleichen Anschlußwert von 210 kW besitzt, wie der der Betriebskostenberechnung in der Tabelle 1 zugrunde gelegte Ofen. Der Anteil beider Öfen an der viertelstündigen Belastungsspitze wurde durch Messungen mit 300 kW ermittelt. Die jährliche Ausnützung beträgt demnach 5 200 h.

Bei der Berechnung des Durchschnittsstrompreises wurden die von österreichischen Elektrizitätswerken für derartige Anlagen gewährten Sonderstrompreise herangezogen.

5. Schlußfolgerung

Der Vergleich der Betriebskostenberechnung und der Stromkostenberechnung zeigt, daß bei Berücksichtigung aller wesentlichen Faktoren der wirtschaftliche Betrieb eines elektrischen Emaillierofens bei den vorliegenden Verhältnissen durchaus gewährleistet ist. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Ofenbesitzer, Ofenkonstrukteur und Stromlieferungsunternehmen läßt darüber hinaus noch wesentliche Ersparnisse erwarten. Bauliche Änderungen der Öfen und ihre entsprechende Anpassung an die zu emaillierende Ware einerseits, günstigere Raumausnützung, richtige Temperatureinstellung und Vorwärmung des Gutes sowie sonstige in der Hand des erfahrenen Betriebsleiters liegende Möglichkeiten andererseits, gestatten nicht nur den spezifischen Verbrauch zu senken, sondern auch die Benutzungsdauer zu steigern.

Geeignete Koordination der Netzbelastung durch den Ofen mit der Belastung durch die Licht- und Kraftanlage sowie durch Ausnutzung der Unterschiede in den Arbeitspreisen durch entsprechende Verteilung der zu emaillierenden Ware auf die gesamte Ofenzeit und ähnliche betriebliche Maßnahmen bieten die Möglichkeit, den mittleren Strompreis zu senken.

Mit der Durchführung dieser Maßnahmen wird der Elektroofen seine Überlegenheit gegenüber Öfen, die mit anderen Energiearten betrieben werden, noch weiter steigern können.

Tabelle 1. Gegenüberstellung des Investitionsaufwandes und der Betriebskosten eines elektrisch betriebenen und eines ölbeheizten Emaillierofens.

Ofendaten:

- a) Elektroofen 3 1/3 m³, 210 kW, Jahresproduktion 300 000 kg, dreimal gebrannte Ware.
b) Ölofen 2,8 m³, Jahresproduktion 220 000 kg, dreimal gebrannte Ware.

I. Investitionskosten

	Elektroofen S	Ölofen S
1. Ofenanlage ohne Beschickungsmaschine	260 000,—	155 000,—
2. Transformatorenstation: 200-kVA-Anteil an einer 500-kVA-Station	75 000,—	—
15-kVA-Anteil an einer 150-kVA-Station	—	10 000,—
3. Öltank samt Ölschluß und Pumpe	—	60 000,—
4. Abwärmeeinrichtung, Tages- tank mit elektrischer Heizung	—	70 000,—
Summe	335 000,—	295 000,—

II. Kapitalkosten (Amortisation und Verzinsung)

	Elektroofen S	Ölofen S
Zinsfuß 7%/Jahr		
1. Ofenanlage (I/1)		
a) Elektroofen:		
Lebensdauer 10 Jahre	—	—
Annuität 14,2%	36 920,—	—
b) Ölofen:		
Lebensdauer 8 Jahre	—	—
Annuität 16,7%	—	25 890,—
2. Transformatorenanlage (I/2)		
a) Elektroofen:		
Lebensdauer 30 Jahre	—	—
Annuität 8,7%	6 530,—	—
b) Ölofen:		
Lebensdauer 30 Jahre	—	—
Annuität 8,7%	—	870,—
3. Öltankanlage (I/3)		
Lebensdauer 20 Jahre	—	—
Annuität 9,4%	—	5 640,—
4. Abwärmeeinrichtung und Ta- gestank (I/4)		
Lebensdauer 20 Jahre	—	—
Annuität 9,4%	—	6 580,—
Summe	43 450,—	38 980,—

III. Reparatur- und Erhaltungskosten/Jahr

	Elektroofen S	Ölofen S
1. Laufende Anlagenpflege		
a) Elektroofen:		
ca. 4%/Jahr von I/1	10 000,—	—
b) Ölofen:		
ca. 6,5%/Jahr von I/1	—	10 000,—
c) Tankreinigung, Tankin- standhaltung, Verluste durch Ölrückstände im Tank usw., ca. 5% der Öl- kosten (VI.b)	—	4 300,—

2. Reparaturkosten (Lohn und Material)

a) Elektroofen:	16 000,—	—
b) Ölofen:		
Ofen	—	40 000,—
Elektrische Anlagen der Pumpen, Heizung, Luftum- wälzung usw.	—	5 000,—
Summe	26 000,—	59 300,—

IV. Ersparnisse beim Elektrobetrieb gegenüber dem Öl-
betrieb/Jahr

	Elektroofen S	Ölofen S
1. Lohnersparnis durch ein- fachere Bedienung, vermin- derte Richtarbeiten usw.: 50% des Lohnes einschließ- lich der Sozialabgaben eines Arbeiters	30 000,—	—
2. Verbesserung des Leistungs- faktors; Ersparnis an Konden- satoren 100 kVAr: S 25 000,—; Amortisation und Verzinsung; Annuität 9,4%	2 350,—	—
3. Differenz der Feuerversiche- rungsprämie 0,65% von I/1	1 700,—	—
4. Zinsersparnis für Brenn- stoff-Lagerhaltung	1 000,—	—
5. Verminderung des Ausschusses bei Elektrobetrieb gegenüber Ölbetrieb: 3% von 300 000 kg = 9 000 kg à S 8,—	72 000,—	—

V. Ersparnis beim Ölofenbetrieb
gegenüber dem Elektrobetrieb
durch Abwärmeverwertung/Jahr

Verminderte Brennstoffkosten im Mittel S 3 000,—/Monat	—	36 000,—
	107 050,—	36 000,—

VI. Jährliche Energiekosten

	Elektroofen S	Ölofen S
a) Elektroofen:		
Stromverbrauch 260 kWh je 100 kg Durchsatz dreimal ge- brannte Ware einschließlich motorischem Antrieb = 780 000 kWh/Jahr; Strompreis x g/kWh (Grundpreis und Ar- beitspreis)	x	—
b) Ölofen:		
Ölverbrauch 65 kg je 100 kg Durchsatz dreimal gebrannter Ware = 143 000 kg/Jahr; Öl- preis 60 g/kg	—	85 800,—
Stromverbrauch für die Luft- umwälzung, Ölförderung und für die Heizung der Tages- tanks 6,5 kWh/100 kg dreimal gebrannter Ware = 14 300 kWh/Jahr; GP: 15 kW · S 500,—/Jahr¹)	—	7 500,—
mittl. AP ca. 40 g/kWh¹)	—	5 700,—
	x	99 000,—

¹) angenommene Preise bei Sondervereinbarung.

VII. Jährliche Gesamtkosten und Durchschnittspreise

b) Öfen

Summe aus II b + III b + VI b - V = S 38 980 + S 59 300 + S 99 000 - S 36 000 = S 161 280.

Kosten je kg dreimal gebrannte Ware = S 161 280 : 220 000 kg = 73,3 g.

a) Elektroöfen

Bei Kostengleichheit der Emaillierung je kg dreimal gebrannter Ware in Öl- und Elektroöfen dürften somit die Gesamtkosten des Elektrobetriebes betragen 300 000 kg · 73,3 g · · · · · S 219 900.

Durch Summierung von II a + III a - IV und Subtraktion dieser Summe von den Gesamtkosten von S 219 900 ergeben sich die Energiekosten X (VI a) zu S 43 450 + S 26 000 - S 107 050 = - S 37 600; S 219 900 - (-37 600) = S 257 500 und daraus der Durchschnittspreis x zu S 257 500 : 780 000 kWh = 33,0 g/kWh.

Bei Annahme einer höheren Wertschätzung des elektrischen Betriebes gegenüber dem Öfenbetrieb von ca. 10% ergibt sich ein Durchschnittspreis von x = 36,3 g/kWh.

Tabelle 2. Durchschnittspreis für den Betrieb zweier Emailieröfen mit je 210 kW Anschlußwert
Berechnung des Durchschnittspreises
Bedeutet

Spitzenanteil der Öfen in kW · Grundpreis in S/kW/Jahr · 100 = G,

Konsum Winter Tag in kWh · Arbeitspreis Winter Tag in g = A,

Konsum Winter Nacht in kWh · Arbeitspreis Winter Nacht in g = B,

Konsum Sommer Tag in kWh · Arbeitspreis Sommer Tag in g = C,

Konsum Sommer Nacht in kWh · Arbeitspreis Sommer Nacht in g = D,

so wird der Durchschnittspreis P errechnet aus

$$P = \frac{G + A + B + C + D}{\text{Gesamtstromverbrauch in kWh/Jahr}} \text{ g/kWh.}$$

Stromverbrauch beider Öfen/Jahr

Winter	Tag	505 000 kWh	Sommer	Tag	505 000 kWh
	Nacht	275 000 kWh		Nacht	275 000 kWh
Gesamtstromverbrauch 1 560 000 kWh/Jahr					

Anteil beider Öfen an der Belastungsspitze der Gesamtanlage 300 kW

Benutzungstunden, bezogen auf den Anteil an der Belastungsspitze 5 200 h/Jahr

Durchschnittspreis für den vorliegenden Fall bei den gegenwärtig gegebenen österreichischen Sonderpreisen etwa 34 g/kWh.

Buchbesprechung

Jahrbuch der Elektrowärme 1958/1959. Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. HARALD MÜLLER. Mit 275 Abb., LI, 628 S. Essen: Vulkan-Verlag Dr. W. Classen. 1959. Geb. DM 68,—.

Das dritte Jahrbuch der Elektrowärme, das den Vorkämpfern auf diesem Gebiet, den Herren ROBERT FELIX, MAURICE DESCARSIN und RAYMOND GAUTHERET, gewidmet ist, gibt den Stand der Wärmetechnik Anfang 1959 wieder.

An der bisher in zwei Auflagen bewährten Einteilung ist im wesentlichen nichts geändert worden. Das Stichwörterverzeichnis (35 Seiten) enthält neben Abschnitt und Seite auch eine Kolonne mit Hinweis auf die beiden bisherigen Auflagen. Überdies sind Hinweise auf andere Abschnitte des Buches gegeben.

Über die einzelnen Sachgebiete sind wieder zusammenfassende Arbeiten, in der Regel von den gleichen Autoren wie bisher, zu finden. Ihre Anzahl ist durch die Vermehrung der Unterabschnitte gewachsen. Es wäre wünschenswert, wenn in der Auswahl der Abbildungen, in denen neben deutschen teilweise auch österreichische Konstruktionen gebracht werden, Öfen und Geräte aus anderen Ländern in stärkerem Maße berücksichtigt würden; dies ist in nennenswertem Umfang aber nur bei der Besprechung der Vakuumöfen geschehen. Die Referate hingegen sind in anerkannter Weise den einschlägigen Zeitschriften aller Industrieländer entnommen.

Der Abschnitt „Erzeugung hochwertiger Metalle, Legierungen und hochfeuerfester sonstiger Werkstoffe“ ist durch die Besprechung der Vakuum-Lichtbogenöfen und der Hochvakuum-Induktionsöfen erweitert, der Abschnitt „Schweißen, Schneiden und Elektro-Erosion“ durch die Behandlung neuer Lichtbogenschweißverfahren, neuer Schweißgleichrichter sowie durch die funkenerosive Metallbearbeitung bereichert worden.

Es ist selbstverständlich, daß bei der Besprechung der Wärmebehandlungsvorgänge die Eisen- und Nichteisenmetalle den beherrschenden Platz in einem solchen Handbuch einnehmen (247 Seiten). Es ist aber bemerkenswert, daß die Behandlung aller übrigen Materialien (mit Ausnahme der

unter „Chemisch-technische Fragen“ besprochenen) nur 52 Seiten umfaßt; eine etwas breitere Darstellung wäre wohl angebracht gewesen.

Eine ausgezeichnete Einführung in den heutigen Stand der Brennstoffelemente, die das Gebiet erschöpfend behandelt, wird auf 38 Seiten von J. EULER gegeben; sie ist, einschließlich der sehr ausführlichen Literaturangaben, die weitläufigste Abhandlung im Handbuch.

In dem Abschnitt „Ofen- und Gerätebau“ sind einige neue Gebiete, wie „Elektrische Isolierstoffe für mittlere und höhere Temperaturen“, „Hochfrequenzhärtung“ usw., neu aufgenommen worden. Der Abschnitt „Allgemeine wissenschaftliche Fragen, Meß- und Prüfverfahren“ ist in zwei Unterabschnitte, entsprechend den beiden im Titel genannten Themen, unterteilt. Der erste enthält Arbeiten über „Stationäre Temperaturfelder bei induktiver Erwärmung“ sowie über das „Schmelzen von Metallen in elektrischen Funken“, der zweite eine ausführliche Darstellung der Temperaturregelung durch Zweipunktreger. Bei dem Thema „Haushalt, Landwirtschaft und Gewerbe“ ist statt einer allgemeinen Darstellung der gewerblichen Anwendung der Elektrowärme eine solche im Nahrungsmittelgewerbe und der Genußmittelindustrie enthalten.

Schließlich hat auch die Darstellung über „Organisationen, internationale Zusammenarbeit und verwandte Gebiete“ eine Unterteilung erfahren.

Besondere Sorgfalt ist wieder auf Bearbeitung des Schrifttums gelegt worden. Die Zahl der erfaßten Zeitschriften wurde um 32 erweitert, so daß insgesamt Literaturangaben aus 18 Ländern mit 244 Zeitschriften vorliegen.

Daß nunmehr seit 1956 bereits ein drittes Handbuch erscheinen könnte, beweist die Anerkennung, die es in Fachkreisen als eine Art Enzyklopädie der Elektrowärme gefunden hat. Herausgeber und Mitarbeiter sind bemüht, den Inhalt von Jahr zu Jahr reicher und universeller zu gestalten; der vorliegende Band ist ein Zeugnis ihrer erfolgreichen Tätigkeit in diesem Sinne.

O. HERBATSCHKE, Wien

Neuere Wärmebehandlungsverfahren

Die folgenden beiden Arbeiten befassen sich wohl mit grundsätzlich bereits bekannten Verfahren, sie geben aber neue Gesichtspunkte an, beschreiben neue Ausführungsformen und zeigen damit weitere Anwendungsmöglichkeiten der Elektrowärme auf.

Allgemeine Verleimungsprobleme mit Hochfrequenzwärme

Von TH. HAFNER, AG. Brown Boveri & Cie., Baden (Schweiz)¹⁾

Mit 6 Textabbildungen

I. Holzverbindung durch Verleimung: Voraussetzungen

In der Holzverarbeitung stellte jede Verleimung bisher einen wirklichen Engpaß dar. Gelingt es, eine rasche Abbindung zu erreichen, so ist eine fließende Fabrikation möglich. Als Mittel hiezu ist die Hochfrequenz-erwärmung prädestiniert. Im hochfrequenten Wechsel-feld kann man ein nichtleitendes Material entsprechend seinen elektrischen Eigenschaften mehr oder weniger rasch homogen, d. h. in allen seinen Teilen gleichmäßig und im Gegensatz zur üblichen Erwärmung fast unab-hängig von der Dicke, erhitzen. Die Hochfrequenz wird die bisherigen Erwärmungsmethoden nicht verdrängen, sondern ergänzen, wo mit ihr bessere Resultate, sei es allein oder kombiniert mit anderen Energiequellen, zu erreichen sind.

Die Hochfrequenzheizung gehorcht denselben ener-getischen und kalorischen Gesetzen wie alle anderen Erwärmungsarten. Die Vorteile liegen im wesentlichen in der homogenen Erwärmung sowie aber auch in der fast beliebig großen Konzentration der Energie. Die Erwärmungsgeschwindigkeit ist abhängig von den Ma-terialeigenschaften sowie von der zur Verfügung stehen-den Generatorleistung.

Ein nichtleitender Stoff kann im Hochfrequenzfeld erwärmt werden, weil die elektrischen Felder das Mate-rial durchdringen. Die den Stoff bildenden Moleküle haben aber verschiedenartigen Charakter. Sind diese nach der Art des Wassermoleküls als sogenannte „Di-pole“ aufgebaut — die positiven und negativen Ladun-gen der Molekülonen haben keinen gemeinsamen Schwerpunkt —, so besitzen sie ein eigenes elektrisches Feld mit bestimmter Richtung. Es gibt aber auch Stoffe, bei denen ein gemeinsamer Schwerpunkt der Ionen vorhanden ist, aber deren Moleküle unter Ein-fluß eines äußeren elektrischen Feldes deformiert und so durch Deformation zu Dipolen werden. Ohne äu-ßeres elektrisches Feld sind die Richtungen der Dipole nach allen Seiten verteilt, im Wechselfeld dagegen wer-den alle gleichgerichtet und im Takt der Wechselspan-

nung um ihre Ruhelage hin und her gedreht oder andere Moleküle werden zu Dipolen deformiert. Dadurch ent- stehen im Stoff Energieverluste durch Reibung, die sich in Wärme umsetzen.

Die dielektrischen Verluste, die für die Erwärmung maßgebend sind, können festgestellt werden, wenn man zwischen zwei Kondensatorplatten ein Material, z. B. Holz, einlegt. Der Ladestrom steigt dann bei konstant gehaltener Spannung um einen Faktor gegenüber dem leeren Kondensator. Dieser Faktor ist somit ein Maß für die Feldliniendichte und wird bezogen auf Luft mit $\epsilon = 1$. Der Strom eilt der Spannung aber nun nicht mehr um $\varphi = 90^\circ$ vor, sondern um einen kleineren Winkel $90 - \delta$. Diesen Winkel δ nennt man den „Ver-lustwinkel“. Er ist ein Maß für die Erwärmungsge- schwindigkeit. ϵ und $\text{tg } \delta$, auch Verlustfaktor genannt,

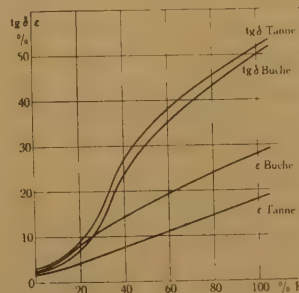


Abb. 1. Verlauf der Dielektrizitätskonstante ϵ und des Ver-lustfaktors $\text{tg } \delta$ für 14 MHz in Abhängigkeit vom Feuchtig-keitsgehalt F für radialgeschnittenes Tannen- und Rot-buchenholz

ist abhängig von der Feuchtigkeit des Holzes, d. h. dem Anteil Wasser im Holzstoff, ebenso vom Raumgewicht, von der Temperatur und von der angelegten Frequenz. Wasser hat aber weit höhere dielektrische Werte als der Holzstoff, weshalb ein schwereres Holz dem größeren prozentualen Wasseranteil pro Volumeneinheit entspre-chend auch höhere dielektrische Werte aufweisen muß. Die Messung von ϵ und $\text{tg } \delta$ ist an Holz sehr schlecht durchführbar, weil es kein homogenes Material dar-stellt. Die Homogenität wird in erster Linie beeinflusst durch Wachstum, Klima und Standort des Baumes. Aus

¹⁾ Vortrag, gehalten im Österr. Holzforschungsinstitut der Österr. Gesellschaft für Holzforschung am 5. Oktober 1960.

diesem Grunde sind Veröffentlichungen über die dielektrischen Eigenschaften des Holzes gegenüber anderen homogenen Materialien äußerst selten zu finden und immer müssen Vorbehalte für die Richtigkeit angeführt werden, sofern es sich um Feuchtigkeiten über 20% handelt. Ein Resultat kann nur als Mittelwert einer großen Anzahl von Messungen ermittelt werden (Abb. 1).

II. HF-Leistungsbedarf

Die Hochfrequenzleistung, die man in das Material bringen kann, errechnet sich in Watt aus der Gleichung

$$P = 0,55 U^2 \cdot f \cdot \frac{F}{d} \cdot \epsilon \cdot \text{tg } \delta.$$

Darin bedeutet U die HF-Spannung in Volt, f die Frequenz, F die belegte Fläche in cm^2 und d die Holzdicke in cm. Die Frequenz f wird so groß wie möglich gewählt, damit die Spannung U möglichst klein wird. Die Durchschlagsspannung des Materials muß unter allen Umständen unterschritten werden. Andererseits hängt aber die maximale Frequenz von der Ausdeh-

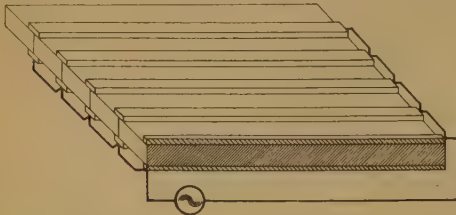


Abb. 2. Anordnung der Stabelektroden längs der Leimfugen. Das Hochfrequenzfeld konzentriert sich in den Fugen, während das Holz kaum erwärmt wird

nung der Elektrode ab. Die Elektrode kann mit einer offenen Leitung verglichen werden, weshalb man vom Speisepunkt an einen Spannungsanstieg bis $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge erhält. Dieser Anstieg würde aber eine ungleichmäßige Erwärmung des Materials bedingen. Man muß deshalb mit der Frequenz so tief bleiben, daß der Spannungsanstieg über die Ausdehnung der Elektrode möglichst gering wird. Mit Kunstgriffen ist es möglich, auch bei höherer Frequenz eine gute Gleichmäßigkeit zu erreichen, indem man die Elektroden statt an einem Ende, in der Mitte oder aber an mehreren Punkten speist. Auch ist es möglich, durch Ausgleichsinduktivitäten die Spannung an beliebigen Punkten wieder auf die Speisegröße zu reduzieren.

Das Vorgesagte gilt jedoch in dieser einfachen Form nur für aufliegende Elektroden, die aber z. B. bei Durchlaufserwärmung auf einem Transportband und dergleichen nicht möglich sind. Man muß in diesem Fall zwischen den Elektroden und Holz einen gewissen Luftabstand haben. Die HF-Spannung ändert sich in dem zu erwärmenden Holz je nach der Dielektrizitätskonstante und dem Verhältnis des Luftabstandes zur Holzdicke.

Zur verlustlosen Übertragung der Leistung auf die Elektroden ist eine Anpassung des Elektrodengebildes an den Generator notwendig. Man baut deshalb an die Elektroden ein Regelglied, im einfachsten Fall bestehend aus einer variablen Induktivität, an. Hierdurch entsteht ein Schwingkreis, der dann auf die Generatorfrequenz abgeglichen werden kann.

III. Elektrodenanordnung

Um dem Holz die Leistung zuführen zu können, sind, wie bereits erwähnt, sogenannte Elektroden notwendig. Das sind Metallplatten, die beidseits des Holzes angelegt werden. Man kann an einem Brett beispielsweise die ganze Fläche überdecken und erreicht demgemäß eine vollständige und gleichmäßige Aufheizung des ganzen Volumens. Wenn man aber nur einzelne Teile bedeckt, werden nur diese Volumenteile erwärmt, welche zwischen diesen Elektroden liegen. Es ist damit eine selektive Erwärmung von Teilstücken ohne weiteres möglich. Solche Teilelektroden nennt man auch Stabelektroden, im Gegensatz zu den Plattenelektroden, bei vollständiger Bedeckung des Materials (Abb. 2, 2a). Gegen das Dielektrikum ist eine Isolation der Elektrode nicht notwendig, hingegen müssen genügend große Abstände gegenüber anderen Metallteilen vorhanden sein und Abstützungen oder Aufhängungen durch keramische Massen oder aber trockene Harthölzer isoliert werden. Bei Verwendung von Holz ist die zwei- bis dreifache Dicke gegenüber dem aufzuheizenden Holz zu wählen. Je dicker die Isolation, je besser, d. h. je weniger HF-Verluste entstehen durch die HF-Erwärmung unerwünschter Teile.

Hochfrequenzgeneratoren werden heute in Leistungen bis mehrere hundert kW gebaut. Grundsätzlich arbeiten sie als Oszillatoren, d. h. als selbsterregte Schwingungsgebilde, deren Leistungen man über Elektroden dem zu behandelnden Material zuführt. Die Senderöhren werden über einen Gleichrichter mit Gleichspannung gespeist, womit der Gesamtwirkungsgrad bedeutend erhöht wird. Der Wirkungsgrad ist einerseits abhängig von der Generatorgröße und andererseits von der Last, die aus dem Generator entzogen wird. So beträgt er z. B. bei einem 25-kW-Hochfrequenzgenerator bei Halblast 57% und für Vollast 60%. Die Generatoren werden so abgeschirmt, daß keine unzulässigen Abstrahlungen entstehen. Um aber den heutigen Anforderungen auf Störfreiheit entsprechen zu können, genügt die Abschirmung der Geräte allein nicht, sondern man muß auch die Elektroden abschirmen. Eine sichere Verhütung der Abstrahlung kann nur mit einem sogenannten Faradayschen Käfig erreicht werden.

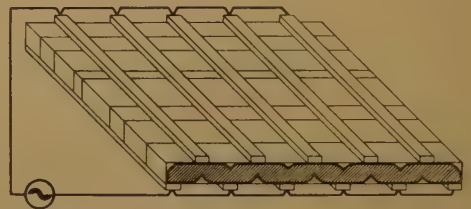


Abb. 2a. Anordnung der Stabelektroden quer zu den Leimfugen. Das Hochfrequenzfeld ist auch bei dieser Anordnung im wesentlichen in den Fugen konzentriert, kleine nicht abgebundene Teile sind in der Leimschicht vorhanden

Dieser besteht aus einem geerdeten, engmaschigen Metallnetz, das um die ganze Anlage angebracht wird. In bestimmten Fällen ist aber eine gute Abschirmung möglich, wenn am Hochfrequenzgenerator der Ausgang asymmetrisch und einseitig geerdet ist. In diesem Fall kann man je nach dem zu verarbeitenden Stück die strahlende, hochspannungsführende Elektrode zwischen

zwei geerdeten Elektroden legen, wie dies z. B. bei einer Mehretagenpresse bei 2, 4 oder 8 Etagen usw. der Fall ist. Hier wird der ganze Pressenständer geerdet und nur die beweglichen Zwischenplatten sind in Isoliermaterial geführt. Die Anspeisung erfolgt auf die mittlere Platte, und das HF-Feld baut sich gegen die Masse des unteren Preßstempels und der obersten Druckplatte auf. Genügt diese aber noch nicht, ist mit dem Schließen der Presse ein gut geerdetes Metallgitter über sämtliche Etagen zu schieben, so daß in Arbeitsstellung ein Käfig die Abstrahlung verhindert.

Ähnlich verhält es sich mit kleinen Elektroden an einfachen Spannvorrichtungen. In Arbeitsstellung soll auch hier eine Abschirmung angebracht werden. Da aber auf alle Fälle ein Berührungsschutz angebracht werden muß (durch die Berührung der Elektrode erfolgt eine örtliche Verbrennung der Haut) kann dieser mit der Abschirmung kombiniert werden.

IV. Leistungsregelung, Energiebilanz

Die Leistungsregulierung erfolgt entweder durch Veränderung des Luftspaltes zwischen Material und Elektrode oder aber durch die Regelung der HF-Spannung, sei es durch einen Kopplungsmechanismus im Ausgangskreis des Generators oder aber durch Veränderung der Anodenspannung. Alle Methoden werden heute angewendet. Während die Veränderung des Luftspaltes aber nur in bestimmten Fällen, wo z. B. mit den Elektroden kein Preßdruck erfolgen muß, angewendet werden kann, ist mit der Regelung der HF-Spannung immer eine einwandfreie Regulierung möglich.

Wenn für die Holzerwärmung, sei es zur Trocknung oder zur Verleimung, eine Energiebilanz aufgestellt wird, ist daraus ersichtlich, daß die Wasserverdampfung sehr große Leistungen erfordert. Auch wenn gut getrocknetes Holz verarbeitet wird, muß das Wasser, das mit dem Leim zugefügt wird, mindestens teilweise wieder entzogen werden. Man strebt deshalb allgemein verbesserte Leime an, die einerseits mit kleineren Temperaturerhöhungen und andererseits mit möglichst wenig Wasserzugabe arbeiten. Heute sind bereits Bindemittel auf dem Markt erhältlich, die diesen Forderungen weitgehend entsprechen und bei Temperaturen unter oder um 100°C kondensieren. Versuche über Trockeneinstäuben von Kunstharzleim wurden schon vor Jahren durchgeführt, haben aber bezüglich Festigkeit der Verbindung nicht die gewünschten Resultate gezeigt.

Zur Errechnung des Energiebedarfes für die Erwärmung des Holzes sowie des Wassers gehen wir von der kalorischen Bilanz aus. Es ist dann

$$Q_0 = \frac{(\vartheta_2 - \vartheta_1) \cdot G \cdot C}{860} \text{ kWh.}$$

Darin bedeutet $(\vartheta_2 - \vartheta_1)$ die Temperaturerhöhung, G das Gewicht des Holzes in kg und C die spezifische Wärme. Sie ist für alle Holzarten im Darrzustand gleich und beträgt $C = 0,324 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$. Mit zunehmendem Wassergehalt steigt die spezifische Wärme. Soll nun neben der Erwärmung noch Wasser verdampft werden, z. B. bei der Trocknung oder beim Abbinden des Leimes, so errechnet sich die notwendige Energie aus

$$Q_r = \frac{G \cdot r}{860} \text{ kWh.}$$

Darin ist r die Umwandlungsenergie; um Wasser in Dampfform überzuführen, ist $r = 540 \text{ kcal/kg}$. Die Aufheizzeit wird dann

$$t = \frac{Q_0 + Q_r}{P} \text{ Stunden,}$$

wenn Q in kWh und P in kW eingesetzt wird. P ist die dem Material zugeführte Leistung (Abb. 3).

V. Betriebliche Anordnungen, Betriebskosten

Für Verleimung kommen bei Anwendung der Hochfrequenz nur Kunstharzleime in Frage, die durch rasches Erwärmen innerhalb sehr kurzer Zeit abbinden. Man verwendet, ähnlich wie in der Preßharzindustrie, Kunstharze aus Harnstoff oder Melamin, mit ausgezeichneter Widerstandsfähigkeit gegen kaltes Wasser, oder aber aus Phenol oder Resorzin, welche sogar gegen kochendes Wasser widerstandsfähig sind. Diese Leime haben die Eigenschaft, daß sie durch Wärme rasch aushärten. Die Abbindetemperatur liegt je nach dem Fabrikat zwischen 70 und 150°. Da aber das Kunstharz hart wird, werden die Bearbeitungswerkzeuge, wie Hobel, Fräser, Schleifbänder usw., mehr oder weniger stark

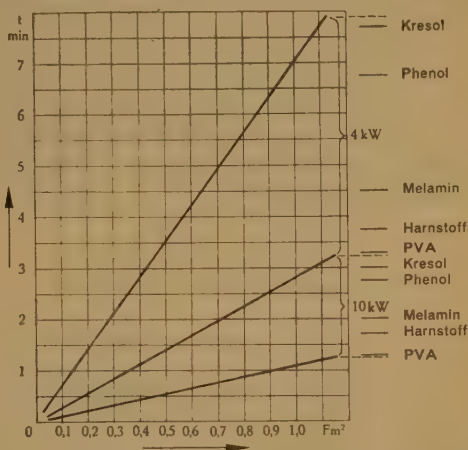


Abb. 3. Verleimungszeit t in Minuten in Funktion der totalen Leimfugenfläche F in m^2 für 4- und 10-kW-Hochfrequenz-Generatoren in Abhängigkeit der Leimarten

angegriffen. Man ist deshalb vor einiger Zeit zu Leimen auf der Basis von Polyvinylacetat übergegangen. Diese bleiben weich und zäh, sind aber bei hohen Temperaturen nicht beständig. Je nach Weichmachergehalt liegt der Erweichungspunkt bei etwa 40–70°C. Der richtige Leim ist deshalb dem Verwendungszweck entsprechend auszuwählen.

Mit der HF-Erwärmung läßt sich nach dem oben gesagten mit bedeutend kleineren Lohnkosten eine Produktionserhöhung bei kleinen Raumverhältnissen erreichen. Demgegenüber stehen die Anlage- und Betriebskosten eines Hochfrequenzgenerators. Während die Stromkosten in der Regel kleiner sind als jene für andere elektrische Erwärmungen, muß man zu den Betriebskosten auch die Röhrenabnutzung rechnen. Für die Röhren wird eine bestimmte Stundengarantie abgegeben, mit der man im ungünstigsten Fall rechnen muß. Diese beträgt für kleine Röhren 2 000 Stunden und für größere 3 000 bis 4 000 Stunden. Das Schädlichste für diese Röhren ist die Überschreitung der Heizfadenspannung. Man wird deshalb die Spannung immer

etwas unterhalb dem Sollwert einstellen, und zwar so, daß bei einer üblichen Schwankung von 5% der Sollwert nicht überschritten wird. Umgekehrt verhält es sich mit den Gleichrichterröhren. Sie sind fast ausnahmslos mit Quecksilberdampf gefüllt. Wenn hier nun Unter Spannung eintritt, reduziert sich die Sperrspannung und es werden Rückzündungen eingeleitet, die innert kürzester Zeit zur vollständigen Zerstörung der Röhre führen. Generell kann man sagen, daß Netzspannungsschwankungen von $\pm 5\%$ zulässig sind und der Lebensdauer der Röhren keinen Abbruch tun. Sind diese aber größer und vor allen Dingen für die teuren Senderöhren höher, wird eine Stabilisierung der Netzspannung auf die Dauer gesehen billiger sein. Im weiteren kann man sich überlegen, ob nur die Heizspannungen der Röhren oder aber die Spannung für den ganzen Generator stabilisiert werden soll. Diese Frage ist aber nicht

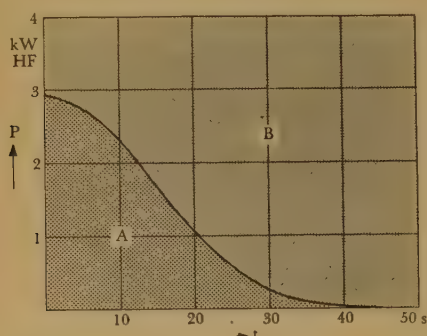


Abb. 4. Leistungsverteilung in Holz und Leimfuge in Funktion der Abbindezeit

A Leimfuge $0,2 \text{ m}^2 = 30 \text{ g Leim}$

B Holzblatt $0,1 \text{ m}^3$

allgemein zu beantworten und sie sollte von Fall zu Fall beurteilt werden. Von der Werkstoffseite aus gesehen, ergibt eine Schwankung des Netzes von 5% bereits eine Veränderung von 10% der Hochfrequenzleistung, weshalb bei der Erwärmung von empfindlichen Stoffen eine vollständige Netzstabilisierung von Vorteil ist. Bei Verleimungen kann man für mittlere Schwankungen davon Abstand nehmen, weil die Leistungsaufnahme nach der Aushärtung des Leimes abnimmt und sich somit selbst reguliert. Der Leim wird nicht überhitzt. Die Leime, und zwar härtbare wie thermoplastische Kunstharzleime, enthalten im streichfertigen Zustand etwa 35 bis 50% Wasser. Auf die dielektrischen Eigenschaften wird das einen großen Einfluß haben, indem die Werte ϵ und $\text{tg } \delta$ stark ansteigen. Wenn wir diese Eigenschaften für die Hochfrequenzverleimung ausnützen, so heißt dies nichts anderes, als daß beim Anlegen einer bestimmten Spannung der Leim sich viel rascher erwärmt als das Holz selbst. Bei der raschen Aushärtung durch Wärme geht das Wasser teilweise durch Verdunstung oder Verdampfung weg, während ein Teil davon vom benachbarten Holz aufgenommen wird. Sobald aber der Leim abbindet, ändern sich die Verhältnisse und das Holz nimmt dann mehr Leistung auf (Abb. 4). Eine Leimfuge erwärmt sich etwa 30mal rascher als das zu verleimende Holz. Aus diesem Grunde kann man eine Leimfuge, an die die Elektroden angelegt werden, sehr selektiv erwärmen und damit ohne großen Energieverbrauch eine rasche Verleimung durch-

führen. Die elektrolytische Leitfähigkeit der Leimschicht ist aber derart groß, daß außer der dielektrischen auch eine Widerstandsheizung eintreten kann, solange wenigstens genügend Wasser vorhanden ist.

VI. Anwendungsmöglichkeiten

Die Hochfrequenz verwendet man für Verleimungen aller Art, so z. B. zum Zusammensetzen von Platten als Mittellagen aus Weichholz oder Möbelteilen aus massivem Edelholz (Abb. 5), das Umleimen von Kanten und furnierten Teilen (Abb. 6) oder an Spanplatten sowie Türen. Auch das Anbringen von Lisenen in der Möbelindustrie wird immer mehr durch Hochfrequenz erwärmung ausgeführt, weil dadurch kurze Spannzeiten, d. h. speditives Arbeiten mit wenigen Spannwerkzeugen, erreicht wird. Die Herstellung von Sperrholz wird äußerst selten und nur für gebogene Teile, wie Stuhlsitze, Radio- und Fernsehkassetten usw. mit Hochfrequenz durchgeführt. Ein guter Fabrikationsgang ist gewährleistet, wenn während der Preßzeit die nachfolgende Charge vorbereitet werden kann. Ist die Vorbereitungszeit nicht mit dem gleichen Aufwand auf die Hälfte reduzierbar, wird man die Hochfrequenzverleimung nicht wirtschaftlich gestalten können.

Die Verleimung von Stäbchen- und Mosaik-Parkett, welche zu Platten gefügt werden, kann mit Hochfrequenz erwärmung mit wenigen aber rasch wirkenden Preßeinrichtungen durchgeführt werden. Noch günstiger ist die Durchlaufverleimung, wie sie beispielsweise für Riemenparkett angewendet wird.

Spanplatten werden immer mehr und mehr in der Möbel- wie Bauindustrie verwendet. Die Rationalisierung der Herstellung ist jedoch sehr schwierig, weil die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Spankuchens ein langsames Aushärten des Leimes im Inneren der Platte



Abb. 5. Spannvorrichtung für das Anleimen der Kanten an Türen mittels 4-kW-Hochfrequenz-Generator. Verleimzeit 20 s

bedingt. Die Heizzeit kann aber durch die Anwendung der dielektrischen Hochfrequenz erwärmung sehr stark verkürzt werden, wobei die untere Grenze unabhängig der Plattendicke bei etwa 2 Minuten liegt. Die erreichbaren Heizzeiten hängen nur von der spezifischen d. h. von der installierten Leistung ab. Für die Herstellung der Spanplatten wird ausschließlich eine kombinierte Heizung durch Kontaktwärme und Hochfrequenz angewendet. Die Kontaktwärme (beheizte Preßplatte) ist deshalb nötig, weil sonst bei kalter Presse

die mit HF erzeugte Wärme im Spankuchen an der Oberfläche abgeleitet würde. Die Deckschicht der Spanplatte wäre nicht oder doch schlecht abgeunden, weil die Härtetemperatur des Leimes nicht erreicht würde.

Die Wirtschaftlichkeit der HF-Erwärmung ist speziell für dicke Platten gegeben und zur überschläglichen Beurteilung ist maßgebend, daß die Heizzeit mindestens auf die Hälfte der konventionellen Heizung gesenkt werden sollte. Die Qualität der Platte ist sehr gut und sie kann selbst mit geringerem Leimanteil noch gut mit Spanplatten normaler Herstellung verglichen werden.

In der Biegetechnik ist die Vorbehandlung des Holzes zur Erweichung der Fasern entscheidend, auch hängt der Erfolg in hohem Maße von der richtigen Holzfeuchtigkeit ab. Für Dampfbeheizung unter Atmosphärendruck rechnet man für je 25 mm Holzdicke mit 1 Stunde Erweichungszeit. Durch Verwendung der Hochfrequenz kann die Plastifizierung ohne Anreicherung mit Wasser erreicht werden. Da aber das Wasser bedeutend größere dielektrische Verluste aufweist als der Holzstoff, wird es viel rascher warm. Bis der Holzstoff ebenfalls auf 100°C erwärmt ist, muß man bei 15% Feuchtigkeit mit einer Ausgleichszeit von 10 bis 20 Minuten rechnen, während welcher man intermittierende Wärme zuführt. Diese Ausgleichszeit ist aber praktisch unabhängig von der Holzdicke. Eine Kombination von Biegen und Verleimen ist vorzugsweise im hochfrequenten Wechselfeld auszuführen, weil für die Biegung trockenes Holz Verwendung finden kann. Nasses Holz kann bekanntlich nicht verleimt werden.

Allgemeine Angaben über die erforderlichen Hochfrequenzleistungen für Verleimungen (oder Trocknungen) kann man nur als Richtlinie abgeben, weil die Leistung von mehreren Faktoren abhängig ist. So ist es bei Verleimungen wichtig, die Härtetemperatur des Leimes sowie dessen Auftrag einzukalkulieren. Auch spielt die Holzart sowie der Preßdruck eine gewisse Rolle. Für einen Überblick genügt aber zu wissen, daß für:

a) Aufheizung des ganzen Holzstoffes mit oder ohne Leim z. B. für Spanplatten, Sperrholz, Dämpfung usw. pro kg Material je nach Temperatur 2,1 bis 4 kWmin Hochfrequenzenergie nötig ist;

b) Fugenverleimung pro m² Leimfläche 25 kWmin bei einer Abbindetemperatur von 120°C und 15 kWmin bei weniger als 100°C gebraucht wird.

Für die Ermittlung der Stromkosten ist die Hoch-

frequenzenergie im Verhältnis des Generator-Wirkungsgrades in kWh ab Netz umzurechnen und mit dem Strompreis zu multiplizieren. Wenn man als Beispiel eine Kantenverleimung betrachtet, erhält man folgende einfache Überschlagsrechnung:

Es soll an einer Türe von 0,8 × 2 m und 3 cm Dicke an allen vier Seiten gleichzeitig eine Kante angeleimt werden. Die Fugenfläche im gesamten wird dann 0,17 m². Bei Verwendung eines Harnstoffleimes mit 95°C Härtetemperatur wird die Energie $0,17 \times 15 \text{ kWmin} = 2,55 \text{ kWmin}$. Wird ein Generator mit 4 kW Hochfrequenzleistung benützt, ergibt dies eine Aufheizzeit $t = 2,55 : 4 = 0,64 \text{ min}$; ab Netz beträgt die Energie $Q = 0,1 \text{ kWh}$, wenn der Wirkungsgrad mit 45% angenommen wird.



Abb. 6. Mittellagen-Verleimpresse. Die oberen Elektroden sind gleichzeitig als Druckelemente ausgebildet

Wir wissen, daß heute noch gewisse Lücken in der Untersuchung des Baustoffes Holz in Verbindung mit der Hochfrequenztechnik bestehen. Der Grund liegt aber weniger bei der Beherrschung der Technik als solche, als vielmehr am Rohstoff selbst. Holz ist kein toter Körper, weshalb er sich auch nach jahrelanger Lagerung immer wieder anders verhält. Ein erforshtes Resultat hat deshalb nie allgemeine Gültigkeit, sondern ist nur als Richtwert aufzufassen. Trotzdem ist es aber möglich, mit der Hochfrequenzheizung am Holz so gute Resultate zu erzielen, daß die Produktivität in der Industrie durch die Anwendung der Hochfrequenz sichergestellt ist.

Der Carbofluidofen

Von LUIGI BRUNO, Mailand, und WILHELM SCHOTT, Wien

Mit 7 Textabbildungen

1. Beschreibung des Carbofluidofens

Beim Carbofluid-Verfahren wird ein flüssiger Werkstoff unmittelbar in den Einsatztöpfen eines Elektroofens in den gasförmigen Zustand übergeführt und bildet dort die für die Durchführung von Härteprozessen notwendige kontrollierbare Gasatmosphäre.

Die wesentlichen Baumerkmale eines Carbofluidofens (Abb. 1 und 2) sind der hochhitzebeständige Glühkopf

(a, b), der innerhalb eines schachtförmigen Ofenkörpers (c) elektrisch beheizt wird. Dieser Glühkopf ist mit einer Sandrinne ausgestattet, die mit feinem Korundsand gefüllt wird, in welchem der Glühkopfdeckel eingreift und auf diese Weise einen dichten Abschluß bewirkt; der unter dem Deckel angeordnete Ventilator drückt die in den Glühkopf eingeführten Gase nach unten und bewirkt durch seine Wirbelerzeugung eine gleichmäßige Umspülung der einzelnen Teile der Beschickung. Die

Welle des elektromotorisch angetriebenen Ventilators ist ebenfalls unter dem Ofendeckel abgedichtet. Ebenso sind die beiden Deckeldurchführungen, die für die Zuführung der Gase und die Durchführung dreier Thermoelemente dienen, gasdicht abgeschlossen. Eine dritte

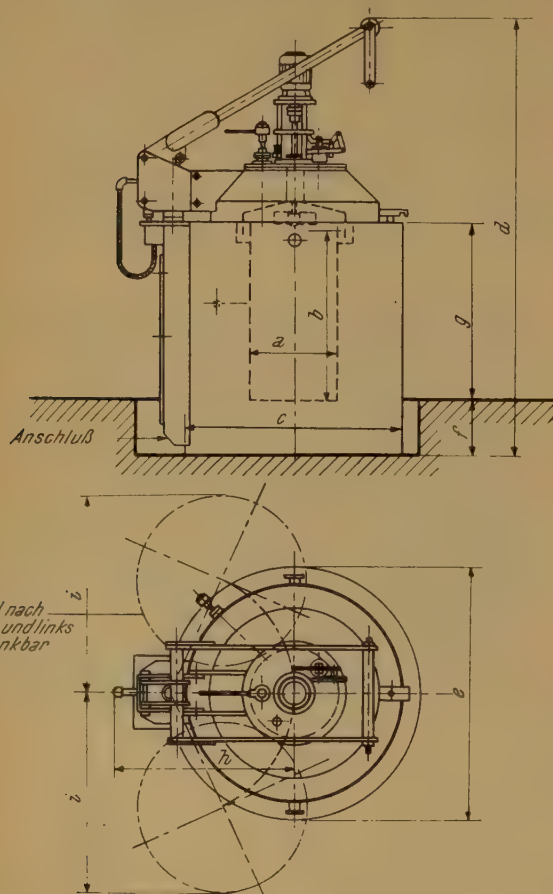


Abb. 1

Öffnung dient als Sicherheitsventil, bei dem auch während des Betriebes das überschüssige Gas entweicht und mit einer kleinen Flamme verbrennt. Diese Öffnung wird gleichzeitig als Beschicköffnung für das Einbringen von Materialproben verwendet. Der Ofendeckel wird von Hand aus gehoben und seitwärts geschwenkt. Zu jeder Ofenanlage gehört eine Carbofluidpumpe samt Behälter und die in einer Schalttafel eingebaute Temperaturregelanlage.

Von den vorgesehenen Temperaturreglern dient einer (oder mehrere) zur Kontrolle der Heizraumtemperatur, einer für die Glühraumtemperatur; der dritte steuert die Carbofluidpumpe, welche erst nach Erreichen einer Temperatur von 650 °C eingeschaltet werden darf.

Carbofluid ist eine Flüssigkeit, die tropfenweise dem Glühopfraum zugeführt, dort in gasförmigen Zustand verwandelt und durch den Ventilator gleichmäßig innerhalb des Glühopfraumes verteilt wird. Bei großen Öfen hat sich ein Gasführungszyylinder als zweckmäßig erwiesen. Die Zufuhr von Carbofluid kann genau dosiert und beobachtet werden. Man kann also mit Recht von einem Ofen sprechen, bei dem das Beschickungsgut unter kontrollierter Atmosphäre behandelt wird.

2. Anwendungsgebiete

Der Carbofluidofen kann für folgende Wärmebehandlungsvorgänge verwendet werden:

- 2.1 Zementieren im Temperaturbereich zwischen 880 ° und 930 °C bei Härtetiefen bis 4,5 mm;
- 2.2 Karbonitrieren im Temperaturbereich zwischen 700 ° und 880 °C;
- 2.3 Glühen, Härten und Anlassen; Altern;
- 2.4 Warmbehandlung im Dampfbad zur Färbung von Oberflächen bzw. mit Schutzgas zur Erreichung blanker Oberflächen.

Zufolge der einfachen Kontrollierbarkeit ist man in der Lage, jeden Vorgang, insbesondere jeden Härtingsprozeß, genau zu wiederholen, wobei jede Art von Nachspülung und Reinigung, wie sie z. B. bei Salzbadern erforderlich ist, entfällt und auch dünnste Öffnungen oder Kanäle in gleicher Weise wie an der übrigen Oberfläche aufgekühlt oder karbonitriert werden; in allen Fällen lassen sich saubere glatte Oberflächen erzielen.

An Hand von einigen Bildern soll nun die Wirkungsweise des Carbofluidofens vor Augen geführt werden.

2.1. Aufkohlen

Zur Aufkohlung wird „Carbofluens“ verwendet. Dies ist eine durchsichtige und leicht entflammbare Flüssigkeit, welche aus organischen Substanzen besteht,



Abb. 2

die vollständig entwässert sind. Beim Eintritt in den heißen Ofen bei Temperaturen von über 650 °C wird sie in den gasförmigen Zustand verwandelt; aus einem

Liter Carbofluens werden ungefähr 625 l Gas gebildet. Für Aufkohlungszwecke ist mit einem Verbrauch von etwa 0,6 l/h Carbofluens zu rechnen. Der Verbrauch, bezogen auf die Oberfläche des Beschickungsgutes, beträgt weniger als 1 l/h für je 10 m².

Nach einer Stunde Wärmebehandlung bei 900 °C wird eine Aufkohlungsschicht von etwa 0,45 mm erreicht (Abb. 3). Bei längerer Dauer der Aufkohlung wird die Aufkohlungsschichtstärke nach der Formel

$$S = S_0 \cdot \sqrt{t}$$

bestimmt; hierbei bedeutet S die erwünschte Aufkohlungsschichtstärke, S₀ die nach einer Stunde Behandlungszeit festgestellte Aufkohlungsschichtstärke und t die Zeit in Stunden.

In großen Öfen und bei sehr schweren Beschickungen sind die zu erreichenden Aufkohlungstiefen entsprechend kleiner.

Wenn die Arbeitstemperatur ermäßigt wird, erhöht sich die Zeitspanne, welche nötig ist, um dieselbe Tiefe der Aufkohlung zu erreichen. Eine Haut von freiem Zementit bekommt man für Aufkohlungstärken von über 1 Millimeter. Unter der genannten Stärke ist der Zementit in einer sehr fein verteilten Form in der

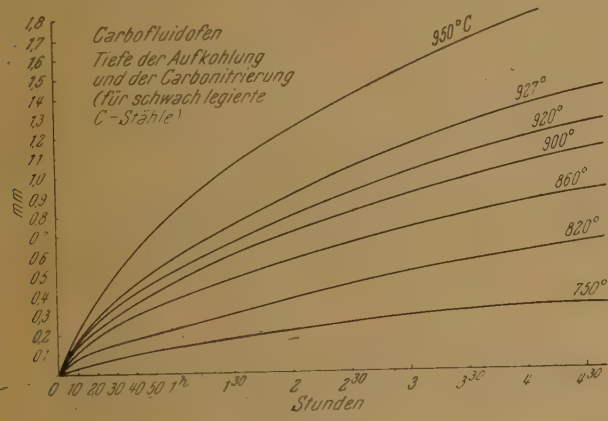
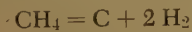


Abb. 3

gekohlten Schicht vorhanden und verursacht nicht die bekannten Schwierigkeiten, mit welchen man in ähnlichen Fällen bei der Aufkohlung im Kasten rechnen muß. Bei mehr als 1 Millimeter Aufkohlungsschicht ist auf die Zementit-Bildung besonders dann zu achten, wenn die behandelten Stücke geschliffen werden müssen.

Es empfiehlt sich demnach, die Aufkohlungseinwirkung abzubrechen, wenn etwa 0,2 mm auf die gewünschte Aufkohlungstärke fehlen, indem die Zufußmenge vermindert und die Behandlung mit herabgesetzter Durchsatzmenge fortgesetzt wird, bis der Bruch des gehärteten Probestückes nicht mehr die charakteristische kieselsteinartige Randoberfläche des freien Zementits zeigt. Die fehlenden 0,2 mm werden durch Diffusion erhalten.

Nach Koebel kann nur die Reaktion



bei Temperaturen über 650 °C die Bildung festen Kohlenstoffes hervorrufen. Wenn dabei der Kohlenstoff im „status nascendi“ in größeren Mengen auftritt als die Beschickung absorbieren kann, scheidet sich dieser in fester Form aus. Das jedoch stört den Aufkohlungs-

vorgang nicht, der sich gleichmäßig weiter entwickelt. Ein Überschuß an Kohlenstoff im „status nascendi“ kann vorkommen:

a) In Abhängigkeit von der Temperatur; je höher die Temperatur ist, umso weniger gibt es festen Kohlenstoff.

b) Zufolge überschüssiger Gasmenge in bezug auf die Oberfläche der Beschickung und deren Absorptionsfähigkeit; diese hängt bei gleicher Temperatur und Oberfläche von dem C-Gehalt an der Oberfläche des Stahles ab.

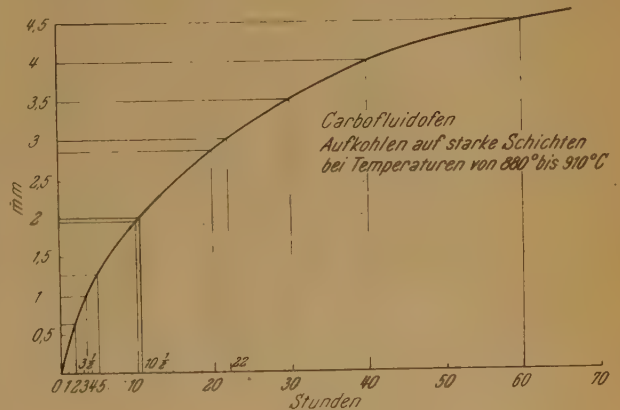


Abb. 4

Bei der tiefschichtigen Gas-Aufkohlung erhält man in einem Zyklus eine Aufkohlungsschicht von 4,5 mm in 60 Stunden mit der normalen Einführung von 0,6 Liter Flüssigkeit per Stunde (Abb. 4).

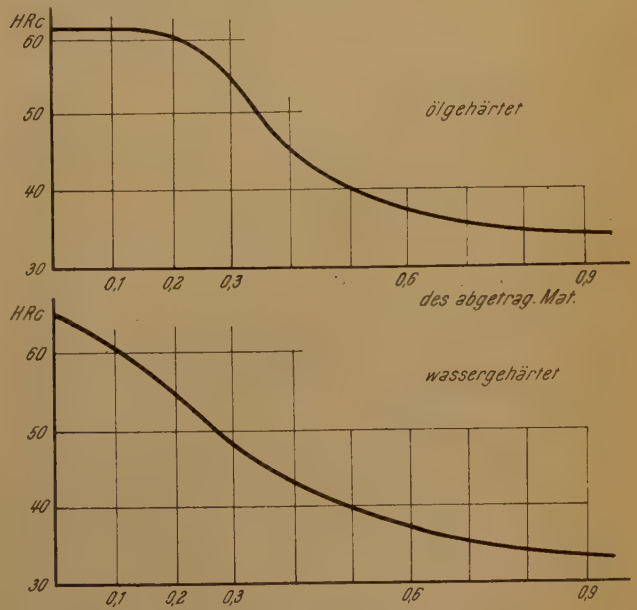


Abb. 5

Wie bekannt, geht die Aufkohlung am Anfang schnell vor sich, sinkt jedoch in demselben Grade ab, wie der Kohlenstoffgehalt in der Oberfläche des Stahles steigt.

In vielen Fällen wird das Härten nach dem Aufkohlen direkt und sofort nach dem Herausnehmen der

Beschickung aus dem Ofen durchgeführt, und zwar — je nach dem gegebenen Fall — in Wasser, Öl oder im Salzbad. Falls das Härtegut nicht sofort gehärtet werden soll, sei es, weil es anderen, mechanischen Behandlungen unterworfen werden muß, wie z. B. teilweiser Entfernung der aufgekohlten Schicht, sei es, daß die Beschickung so groß ist, daß das direkte Härten wegen der unvermeidlichen Härte­differenz, die man in diesem

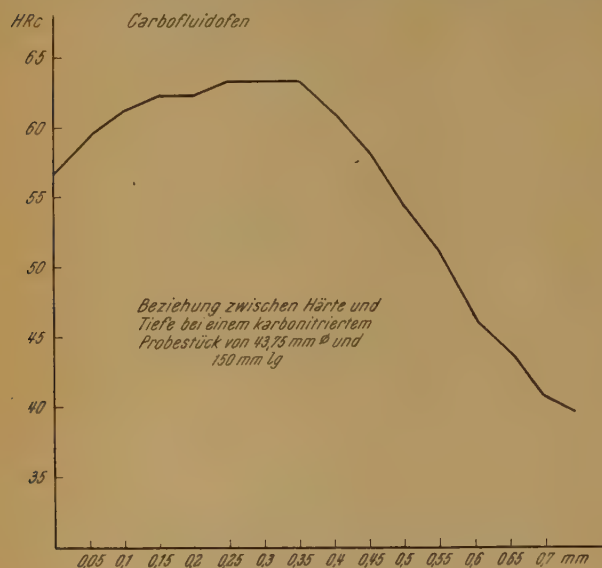


Abb. 6

Fälle von Punkt zu Punkt der Masse erhalten würde, nicht empfohlen werden kann, oder das Härtegut einzeln gehärtet werden soll, wird das langsame Abkühlen in einer Abkühlungskammer mit nicht entkohlender Umgebung vorgezogen.

Aus Abb. 5 ist zu ersehen, daß bei Wasserhärtung ein größerer Härtegrad an der Oberfläche erreicht wird, daß aber Ölhärtung, der unter sonst gleichen Bedingungen mittels Carbofluens aufgekohlten Teile, eine tiefere Härte­wirkung hervorruft.

2.2. Karbonitrieren

Die Karbonitrierung besteht in einem Härteprozeß, bei dem gleichzeitig Kohlenstoff und Stickstoff zugeführt werden; sie wird bei Temperaturen zwischen 700° und 875 °C durchgeführt.

Das Karbonitrierungsverfahren stellt eines der vorteilhaftesten Verfahren der Einhärtung bei geringstem Verzug des Werkstückes dar, da

- die Möglichkeit besteht, billige Stähle an Stelle von Cr-Ni-Stähle, Cr-Mo-Stähle usw. zu verwenden,
- selbst bei Ölhärtung höhere Härte­werte (62 Rockwell) auch bei nichtlegierten Stählen bei verbesserten Eigenschaften des Kernes erhalten werden können,
- sich große Variationsmöglichkeiten in der Behandlungstemperatur ergeben, weil ein Temperaturbereich von 700 bis 875 °C anwendbar ist und solche Temperaturen gewählt werden können, die im Verhältnis zu dem gewünschten Ergebnis stehen,
- sich die Kosten des Nachschleifens wegen des geringeren Verzuges vermindern,

e) keine Verunreinigungen durch anhaftende Salze entstehen, wodurch die Reinigungskosten ermäßigt werden,

f) erhöhter Widerstand gegen Rostbildung karbonitrierter Arbeitsstücke vorhanden ist, auch wenn dieselben nicht oder schlecht eingefettet sind,

g) die Härte auch bei höheren Temperaturen (bis 350 °C) aufrechterhalten wird,

h) der Widerstand gegen Abnützung und Verschleiß höher ist,

i) niedrige Anwendungstemperaturen größere Wirtschaftlichkeit ergeben.

k) das Neutralisieren der Abwässer, das bei zyanhaltigen Verbindungen nötig ist, entfällt und

l) sauberes Arbeiten bei hoher Sicherheit für das Bedienungspersonal möglich ist.

Die in der karbonitrierten Schichte vorhandenen Stickstoff- und Kohlenstoffmengen hängen hauptsächlich von der Behandlungstemperatur ab. Während beim Temperaturabfall die Kohlenstoffkonzentration sinkt, erhöht sich verhältnismäßig die Stickstoffkonzentration.

Nachdem der Austenit bei karbonitriertem Stahl stabiler ist als Austenit bei den normal behandelten Stählen, kann eine Einhärtung erreicht werden, obwohl man von niedrigen Temperaturen ausgeht und das Abschrecken mit weniger drastischen Mitteln durchführt. Gerade wegen dieser Charakteristiken wird die Karbonitrierung vorwiegend beim Einhärt­en von Spezialteilen mit komplizierten Formen, welche nur geringe Verformungen zulassen, angewendet. Die Karbonitrierung kann als ein Mittelverfahren zwischen dem „Aufkohlen“, welches bei 880 bis 930 °C und dem „Nitrieren“, welches bei etwa 500 °C durchgeführt wird, betrachtet werden.

Bei dem Verfahren, das bei Mitteltemperaturen durchgeführt wird, bieten sich daher nicht nur neue technologische Möglichkeiten, sondern auch die Anwendbarkeit in einem großen Teil des Gebietes, welches vorher ausschließlich dem Einsatzhärten und in einigen Fällen auch dem Stickstoffhärten vorbehalten war.

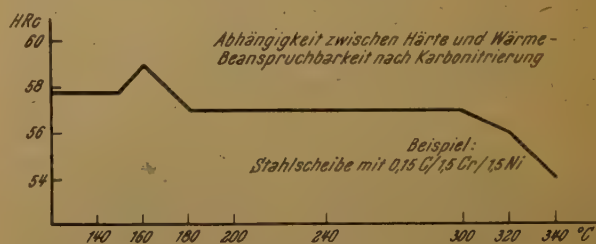


Abb. 7

Wie Abb. 6 zeigt, erzielt man durch das Karbonitrieren eine viel nachhaltigere Härte­wirkung als bei der bloßen Aufkohlung. Die Härte nimmt sogar von der Oberfläche gegen das Innere des Stückes anfänglich zu.

Die durch Karbonitrierung behandelten Werkstücke weisen eine große Verschleißfestigkeit auf und können dadurch z. B. bei durch Reibung erzeugter Wärme gut standhalten. Wie die Kurve in Abb. 7 zeigt, tritt bei karbonitrierten Teilen erst bei etwa 300 °C eine merkliche Abnahme der Oberflächenhärte ein, wäh-

rend dies bei anders behandelten gehärteten Teilen spätestens schon bei etwa 200 °C der Fall ist.

Beim Karbonitrierungsverfahren ist mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 0,5 bis 0,6 l Carbofluens pro Stunde und etwa 70 bis 90 l Ammoniak zu rechnen. Die Stärke bei der Karbonitrierung hängt von Temperatur und Zeit ab, im allgemeinen werden 0,4 bis 0,5 mm nicht überschritten. Es ist möglich, eine maximale Oberflächenhärte von 1 100 Vickers, entsprechend Schmiergelhärte Nr. 1 zu erreichen; im allgemeinen begnügt man sich aber in der Praxis mit Härten, die zwischen 58 und 60 HRC liegen.

2.3. Glühen, Härten und Anlassen, Altern

Auch für Glüh-, Härte- und Anlaßvorgänge kann der Carbofluidofen mit Vorteil verwendet werden, da man durch entsprechende Dosierung der Carbofluidzufuhr immer in der Lage ist, ein chemisch-physikalisches Gleichgewicht zwischen der Atmosphäre und dem Stahl herzustellen, ohne eine Aufkohlung oder eine Entkohlung zu bewirken. Jeder Behandlungsvorgang, der einmal als richtig erkannt wurde, kann mit größter Regelmäßigkeit wiederholt werden durch

1. Regelung der Durchsatzmenge des Carbofluens und

2. Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre im Glühtopf, wodurch eine aufkohlende, eine entkohlende oder eine neutrale Wirkung erzielt werden kann.

Die Behandlungstemperatur ist mittels der Temperaturregler zu verändern. Auch der Wärmefluß zwischen Heizzone und Glühtopfinnenraum kann durch entsprechende Einstellung der Temperaturregler beeinflusst werden.

2.4. Sonderaufgaben

Zu den Sonderaufgaben, die im Carbofluidofen durchgeführt werden können, zählt u. a. die Behandlung im Dampfbad, wodurch die Oberflächenhärte sowie der Abnutzungswiderstand und damit die Lebensdauer der behandelten Stücke erhöht wird.

Damit ist auch ein Mittel zum Färben der Stähle gegeben. Eine der wichtigsten Anwendungen ist das Blaufärben der Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl, sei es nach dem Härten und Anlassen, sei es nach dem Nitrieren.

Auch elastische Kolbenringe aus Gußeisen für Motoren werden mit Dampf nach der mechanischen Fertigung bzw. nach dem Schleifen behandelt. Die beobachtete Verbesserung ist entweder dem Umstand zu verdanken, daß das Oxydhäutchen die Tendenz der Stahlteilchen an der Werkzeugoberfläche anzuhaften auf ein Minimum reduziert oder daß die poröse Oberfläche des Oxydes besser das Schmiermittel zurückhält. Interessant ist die Erscheinung, daß die Verbesserung

der Werkzeuge besonders bei der Bearbeitung eisenhaltiger Metalle zu beobachten ist, und weniger bei nichteisenhaltigen Metallen.

Zur Durchführung des Verfahrens wird das Hartgut zuerst in Luft bis 350 °C erwärmt, um die Kondensation des Dampfes auf den kalten Oberflächen zu vermeiden, hierauf wird der Ofen mittels Dampf gewaschen, wodurch die Luft herausgetrieben wird, die Temperatur bis etwa 550 °C (für Schnellstahl) gesteigert, und wenn nötig, behalten.

Nach dem Entweichen des Dampfes wird das Hartgut aus dem Ofen gezogen und entweder an der Luft oder im Öl abgekühlt.

3. Wirtschaftlichkeit

Einen Vergleich der Betriebskosten bei Verwendung von Kammeröfen, Elektroden-Salzbädern und Öfen, die mit aufkohlenden Gasen zur Durchführung von Härteprozessen arbeiten, zeigt Tabelle 1, bezogen auf 1 kg Beschickungsmaterial. Daraus geht hervor, daß die Kosten bei den Öfen mit Gasatmosphäre wesentlich niedriger liegen als bei den Kammeröfen und Salzbädern. Dies ist auf die niedrigen Stromkosten und den geringen Anteil an Arbeitslöhnen und Materialverbrauch einerseits, auf den Wegfall der Kosten für Waschen und Reinigen andererseits zurückzuführen.

Obwohl die Anschaffungskosten einer solchen Anlage verhältnismäßig hoch sind, werden die höheren Kapitalkosten durch die niedrigen Betriebskosten ausgeglichen.

Tabelle 1. Gegenüberstellung der Betriebskosten für Wärmebehandlungen

	Kammeröfen 600 x 400 x 1500 m/m 55 kVA	Elektroden-salzbädern 500 x 600 m/m 85 kVA	Ofen mit Gas-Atmo-sphäre 500 x 600 m/m 22 kVA
	S/kg	S/kg	S/kg
Stromkosten	1,72	0,68	0,29
Arbeitskraft	0,62	0,42	0,38
Anlagen-Amortisationskosten (5 Jahre)	0,50	0,28	0,59
Ersatzteile (Einsatzkörbe, Ein-satztopf, Widerstandsspiralen)	0,35	0,24	0,22
Erhaltungskosten	0,08	0,08	0,10
Materialverbrauch	0,04	0,37	0,06
Waschen und Reinigen der Werkstücke	0,08	0,13	—
Erwärmung zum Härten . . .	0,44	—	—
Gesamt Schilling	3,83	2,20	1,64

Buchbesprechungen

Temperaturregelung und -regler bei Elektrowärmeeinrichtungen. Von B. SOCHOR, J. LUCINSKI und L. MICHALSKI. Mit 280 Seiten, 202 Abbildungen. Warschau: Panstwowe Wydawnictwa Techniczne. 1960.

Das vorliegende Werk stammt von Prof. Bronislaw Sochor, dem Vorstand der Lehrkanzel für Elektrowärme an der Technischen Hochschule Lodz und zwei seiner Mit-

arbeiter. Es dürfte, soweit dem Berichterstatter bekannt ist, das einzige bisher erschienene Buch sein, das sich ausschließlich mit Temperaturregelproblemen bei elektrischen Wärmeeinrichtungen befaßt.

In systematischem Aufbau werden zunächst die allgemeinen Grundbegriffe der Regelung und die Eigenschaften der Regelkreise besprochen; die statischen und dynamischen

Kennlinien der Regelstrecke werden erläutert und ihre mathematischen Ausdrücke wiedergegeben. Ausführlich wird hier auf die bei der Temperaturregelung angewendeten Methoden eingegangen und die stetige, unstetige und quasistetige Regelung mit Berücksichtigung der besonderen Eigenschaften der Elektroöfen behandelt. Graphische Darstellungen dieser Vorgänge und mathematische Formulierungen ihres Ablaufes erleichtern das Verständnis.

Die Anwendung dieser Methoden für den Aufbau und die Projektierung von Regelkreisen sowie für deren optimale Einstellung beschließen den theoretischen Teil des Werkes.

Den breitesten Raum nimmt die Beschreibung des Aufbaues und der Wirkungsweise der Temperaturregler ein. Sie gibt eine fast vollständige Übersicht über die Prinzipien der Regelgeräte und über ihre Ausführung durch die bedeutendsten Firmen von acht europäischen Ländern und der USA. Instruktive Abbildungen der Geräte und ihrer Konstruktionselemente, wirksam ergänzt durch Prinzipskizzen, Schaltschemen und Diagrammen der Regelvorgänge, vervollständigen die Beschreibung.

In einem eigenen Abschnitt werden die Stellglieder behandelt, wobei den elektronischen Geräten die ihnen gebührende Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Für den Praktiker sind schließlich die zahlreichen Anwendungsbeispiele der verschiedenen Systeme der Temperaturregelgeräte von besonderem Interesse. In jedem einzelnen Falle werden Regelbereich und Methode der Regelung angeführt und neben Prinzip- und Schaltungsskizze eine ausführliche Beschreibung der Regelkreise und des Ablaufes des Regelvorganges gebracht.

Übersichtstabelle, Literaturnachweis und Sachregister sind dem Buch angefügt.

Die zahlreichen Skizzen, Schaltungsschemen usw. sind durchwegs klar und übersichtlich gezeichnet, das Bildmaterial gut und instruktiv ausgewählt.

Es wäre zu wünschen, daß dieses gründliche und umfassende Werk in eine der Weltsprachen übersetzt würde, um es einem weiten Leserkreis zugänglich zu machen.

O. HERBATSCHKE, Wien

Elektro-Wärme-Technik. II. Teil: Elektrowärmeanwendung in der Industrie. Bearbeitet von U. ASCHMANN und H. MASUKOWITZ. Herausgegeben von der Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung e. V. HEA. 154 Seiten, 205 Abbildungen. Frankfurt/Main: Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH. — VWEW. 1960.

In dem von der HEA herausgegebenen „Ringbuch für Elektrizitätsanwendung“ nimmt die Elektrowärme ihrer zunehmenden Bedeutung entsprechend einen verhältnismäßig breiten Raum ein. Im Jahre 1957 wurden im Abschnitt E VII „Öfen und Geräte für industrielle Elektrowärme“ behandelt; diese Arbeit ist bald nachher als gesonderte Druckschrift durch die VWEW herausgegeben worden.

Dem Grundgedanken des Ringbuches folgend wurde nunmehr auch eine Darstellung der Anwendungsgebiete der damals beschriebenen Öfen und Geräte im Abschnitt D IV d gebracht und gleichzeitig in einer gesonderten Druckschrift veröffentlicht.

Während die Einteilung der Broschüre über „Öfen und Geräte“ nach der Art der Wärmeerzeugung und Wärmeübertragung erfolgte, ist der Inhalt der vorliegenden Schrift nach Werkstoffen, die einer Wärmebehandlung unterzogen werden, gegliedert. Für jedes Material werden (soweit sie in Betracht kommen) der Reihe nach die hauptsächlichsten Erwärmungsvorgänge wie Schmelzen, Warmformen usw. besprochen. Grundsätzlich wird bei jedem Verfahren eine kurze Beschreibung des Materials und der Erwärmungsvorgänge gegeben, der Temperaturverlauf graphisch dargestellt, die gebräuchlichsten Ofenarten genannt, auf die

betreffenden Abbildungen in Teil E VII hingewiesen und der Stromverbrauch in kWh/t angeführt. Literaturangaben sind überall hinzugefügt.

Es ist für die Ausweitung der Elektrowärmeanwendung in den letzten Jahren bezeichnend, daß die Wärmebehandlung von Metallen, die früher den überwiegenden Teil des Inhaltes ähnlicher Werke beanspruchte, im vorliegenden Falle nur 70 von 130 Seiten der systematischen Beschreibung einnimmt. Der Behandlung der Kunststoffe ist ein breiter Raum gewidmet; eine besondere Einteilung dieser Stoffe mit Anführung ihrer Ausgangsstoffe und Verwendungsmöglichkeiten ist hinzugefügt.

Es kann hier nicht auf Einzelheiten der außerordentlich reichhaltigen und so gut wie vollständigen Beschreibung der Wärmebehandlungen eingegangen werden. Es sei jedoch bemerkt, daß die Angabe einer unteren und oberen Grenze des spezifischen Stromverbrauches nicht zu der Meinung verleiten darf, daß die in einem besonderen Falle erreichbaren Werte tatsächlich innerhalb dieser Grenzen liegen werden; sie können, wie die Praxis zeigt, z. B. infolge wesentlich abweichender Betriebsbedingungen, beträchtlich von ihnen abweichen.

Diese Bemerkung soll aber keineswegs den Wert des Buches einschränken. Sowohl seinem Inhalt als auch seiner Darstellung nach erfüllt es als Handbuch für das gesamte Gebiet in ausgezeichnete Weise seinen Zweck.

Die Anordnung des Textes ist klar und übersichtlich, die Ausstattung in gleicher Weise wie die des ersten Teiles ansprechend.

O. HERBATSCHKE, Wien

Induction Heating. Coil and System Design. Von P. G. SIMPSON. New York — Toronto — London: McGraw-Hill Book Company Inc. VIII, 296 S. 1960. 89 s.

Trotz der raschen Entwicklung der induktiven Wärmebehandlung in den letzten Jahren, deren Ergebnisse in zahlreichen Einzelarbeiten in der technischen Literatur aller Industrieländer niedergelegt wurden, sind wenig zusammenfassende Darstellungen erschienen, die den Ansprüchen, die an ein technisch-wissenschaftliches Werk gestellt werden müssen, gerecht geworden sind. Den grundlegenden Werken von E. MAY in England (1949) und N. R. STAUSEL in den USA (1949) sind einige in englischer und ein einziges in deutscher Sprache (W. BRUNST, 1957) gefolgt. Es ist deshalb erfreulich, daß ein neues Buch, das die letzten Entwicklungen berücksichtigt, nunmehr in englischer Sprache vorliegt.

Der Verfasser hat erfolgreich versucht, dem entsprechend vorgebildeten Ingenieur die Grundlagen zur Planung und Anwendung induktiver Erwärmungsanlagen an die Hand zu geben. Hierbei werden nicht nur die technischen Voraussetzungen betont, sondern auch die Zusammenhänge zwischen Qualitätserhöhung und Kosten erörtert und durch Beispiele belegt.

Wie schon der Untertitel des Werkes andeutet, ist auf die Berechnung und praktische Ausbildung der Spulen und auf eine gründliche Erörterung der Prinzipien, Schaltungen und Ausführung der Geräte für die drei heute angewendeten Frequenzbereiche (Netzfrequenz, Mittel- und Hochfrequenz) besonderes Gewicht gelegt worden. Hierbei wird die Anwendung der Netzfrequenz, ihrer steigenden Bedeutung für die Knüppelerwärmung entsprechend, zum ersten Male in einem derartigen Buch ausführend behandelt.

Das Buch ist für alle, die sich mit den Problemen der Induktionserwärmung ernstlich befassen, für den Konstrukteur wie den Betriebsingenieur aber auch für den mit der Beratung industrieller Abnehmer betrauten Angehörigen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen wertvoll und sollte von ihm aufmerksam gelesen werden. Druck, Papier und Ausstattung des Buches entsprechen dem hohen Niveau des Verlages.

O. HERBATSCHKE, Wien

Die Atomkraftwerkspläne in der Deutschen Bundesrepublik

Von Dipl.-Ing. W. MACKENTHUN, Frankfurt a. M.

Die Elektrizitätserzeugung in der Bundesrepublik liegt in den Händen der öffentlichen und industriellen Kraftwirtschaft. Während die industriellen Eigenanlagen vor allem der Deckung ihres betriebseigenen Strombedarfs dienen und nur einen, allerdings steigenden Erzeugungsanteil (aus Ballastkohle und Überschußenergie) in das westdeutsche Verbundnetz einspeisen, tragen die Verbund-, Regional- und Kommunalunternehmen der öffentlichen Elektrizitätsversorgung die ihnen vom Gesetzgeber übertragene Verantwortung für eine möglichst betriebssichere und preiswürdige Belieferung der Allgemeinheit. Zur Erfüllung dieser Aufgabe müssen sie ihre Erzeugungs- und Verteilungsanlagen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht laufend der fortschreitenden Entwicklung anpassen und auf eine preisgünstige und gesicherte Eindeckung mit den erforderlichen Rohenergieträgern und sonstigen Betriebsmitteln bedacht sein. Die industrielle Kraftwirtschaft beruht dagegen, von einem unbedeutenden Anteil an Wasserkraft- und Verbrennungskraftanlagen abgesehen, auf der heimischen Steinkohle, deren reichliche Vorkommen und derzeitigen Absatzschwierigkeiten vor allem aus Sorge um die Wettbewerbsfähigkeit dazu zwingen, anderen und neuen Energieträgern Aufmerksamkeit zu widmen.

Es ist daher zu verstehen, daß sich die Ausgangspositionen und die sich daraus ergebenden Entschlüsse der öffentlichen und industriellen Kraftwirtschaft unterscheiden müssen.

Weiterhin erfolgte der Einbruch der Kernenergie in unser Wirtschaftsbild als neue Rohenergiequelle in einem Zeitabschnitt sehr unterschiedlicher Entwicklungstendenzen und Prognosen auf dem Energiesektor. Zu Beginn dieses Abschnittes sah es eher nach einer bald bevorstehenden Energielücke aus, die rechtzeitig mit der neuen Kernenergie geschlossen werden sollte. Überraschenderweise folgte aber ein ausgesprochener Strukturwandel auf dem Energiemarkt, der durch ein Überangebot an klassischen Energieträgern gekennzeichnet ist, dessen Ausmaß und Dauer man angesichts steigender Erdöl- und Erdgasausbeuten noch nicht absehen kann.

Wenn somit das Bedürfnis nach einem Großeinsatz der Kernenergie in der Stromerzeugung vorläufig noch nicht besteht, so kann sich die deutsche öffentliche Elektrizitätsversorgung mit um so größerer Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit auf diesen Zeitpunkt vorbereiten. Sie tut dies seit einigen Jahren, indem sie sich einen hochqualifizierten Mitarbeiterstab durch Ausbildung im In- und Ausland auf allen Gebieten der Kerntechnik

heranzieht und der deutschen Industrie Planungs- und Bauaufträge innerhalb und außerhalb des bekannten Atomenergie-Versuchsprogramms des Bundesatomministeriums, z. T. mit beachtlicher Bundeshilfe, erteilt. Die größeren Versorgungsunternehmen besitzen heute schon eigene arbeitsfähige Kernenergieabteilungen, und die Zusammenschlüsse von Unternehmen zur Vorbereitung und Durchführung ihrer Pläne umfassen bereits 85 v. H. der öffentlichen Versorgung, bezogen auf die Bruttostromerzeugung im Bundesgebiet. So hat sich im Laufe der letzten Jahre eine enge, sich gegenseitig befruchtende Zusammenarbeit zwischen Industrie und Elektrizitätswirtschaft herausgebildet, die zu der Hoffnung berechtigt, daß der Anschluß an die weit vorangeeilte Entwicklung des Auslandes gefunden und das Ansehen der deutschen Wissenschaft und Technik im Ausland auch auf diesem Gebiet wiederhergestellt werden kann.

Nachstehend wird über die Zusammenschlüsse der deutschen Elektrizitätswerke und ihre charakteristischen Einzelheiten näherer Aufschluß gegeben.

1) Versuchsatomkraftwerk Kahl GmbH.

Sitz: Kahl am Main

Stammkapital: 1,0 Mio DM.

Gesellschafter: Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk AG, Essen (80%),
Bayernwerk AG, München (20%).

Geschäftsführer: Direktor Dr.-Ing. A. WECKESSER, Kahl am Main;

Bauvorhaben: Errichtung eines 15-MWe-Versuchsatomkraftwerks mit Siedewasserreaktor, Dampfdruck primär 70 at, sekundär bei Vollast etwa 45 at, Spaltstoffanreicherung auf etwa 2%;

Lieferfirma: Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Frankfurt a. M. in Gemeinschaft mit der General Electric International Corp., USA;

Bausumme: rund 40 Mill. DM;

Finanzierung: ausschließlich aus eigenen Mitteln der Gesellschafter;

Standort: Kahl am Main;

Baubeginn: August 1958;

Inbetriebnahme: Nov./Dez. 1960.

2) Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor GmbH. (AVR)

Sitz: Düsseldorf

Stammkapital: 5,975 Mio DM mit 300% Nachschußpflicht;

Gesellschafter nach dem Stand vom 10. Dezember 1959:
Stadt Aachen (2,5%),

Stadt Bonn (2,1%),
 Stadtwerke Bremen AG (12,5%),
 Stadt Düsseldorf (20,9%),
 Stadt Duisburg (5,0%),
 Stadt Hannover (8,4%),
 Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG, Hagen (16,7%),
 Elektrizitätswerk Minden-Ravensberg GmbH, Herford (4,2%),
 Stadt Kiel (1,7%),
 Stadt Krefeld (2,1%),
 Stadt Mannheim (4,2%),
 Stadt München (12,5%),
 Stadt Würzburg (0,9%),
 Wuppertaler Stadtwerke AG (2,1%),
 Bergische Elektrizitäts-Versorgungs-GmbH, Wuppertal (4,2%);
 Geschäftsführer: Direktor Dipl.-Ing. W. CAUTIUS, Düsseldorf, Direktor Dipl.-Kfm. L. B. ROHE, Hagen;
 Bauvorhaben: Errichtung eines 15-MWe-Versuchsatomkraftwerks mit Hochtemperaturreaktor, Temperatur des Kühlgases (Helium oder Helium-Neon) bis etwa 850° C, Urankarbidpillen in Graphitkugeln als Spaltstoff, Thoriumkarbidpillen in Graphitkugeln als Brut- bzw. Konversionsstoff;
 Lieferfirma: Arbeitsgemeinschaft BBC/Krupp, Mannheim;
 Bausumme: rd. 40 Mio DM;
 Finanzierung: je zur Hälfte vom Bund und von den Gesellschaftern;
 Standort: Kernforschungszentrum Nordrhein/Westfalen im Stettericher Forst bei Jülich;
 Auftragserteilung: August 1959;
 Inbetriebnahme: 1963.

3) Kernkraftwerk Baden-Württemberg Planungsgesellschaft mbH. (KBWP)

Sitz: Stuttgart

Stammkapital: 1,5 Mio DM;

Gesellschafter:

Badenwerk AG, Karlsruhe (28%),
 Energie-Versorgung Schwaben AG, Stuttgart (28%),
 Kraftübertragungswerke Rheinfelden, Rheinfelden/Baden (10%),
 Neckarwerke-Elektrizitätsversorgungs-AG, Eßlingen a. Neckar (10%),
 Stadt Karlsruhe, Stadtwerke (5%),
 Stadt Stuttgart, Technische Werke (14%),
 7 örtliche Elektrizitätsversorgungsunternehmen (5%);

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. R. KALLENBACH, Stuttgart, Rechtsanwalt W. HASENFUSS, Stuttgart;

Zweck: Vergabe von Projektierungsaufträgen für ein Kernkraftwerk, deren Bearbeitung und Auswertung zum Zwecke der Gewinnung von verbindlichen Unterlagen für die Entscheidung über die Erstellung eines Kernkraftwerks.

4) Gesellschaft für die Entwicklung der Atomkraft in Bayern mbH.

Sitz: München

Stammkapital: 0,3 Mio DM;

Gesellschafter:

Bayerischer Staat (28%),
 Bayernwerke AG, München (16%),
 Farbwerke Hoechst AG, Frankfurt/M.-Höchst (8%),
 Großkraftwerk Franken AG, Nürnberg 2 (16%),
 Innwerk AG, Töging a. Inn (16%),
 Isar-Amperwerke AG, München 37 (16%);

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. G. LEICHTLE, München;

Vorhaben: Projekt eines etwa 100-MWe-Versuchskraftwerks mit schwerwassermoderiertem Natururan-Reaktor vom Druckröhrentyp;

Projektfirma: Siemens-Schuckertwerke AG, Nürnberg;

Projektkosten: etwa 7 Mill. DM;

Finanzierung: $\frac{2}{3}$ vom Bund und $\frac{1}{3}$ von den Gesellschaftern;

Projektauftrag: am 15. Januar 1959 erteilt;

Projektierungszeit: etwa drei Jahre;

Standort und Inbetriebnahme: noch unbekannt.

5) Studiengesellschaft für Kernkraftwerke GmbH. (SKW)

Sitz: Hannover

Stammkapital: 0,3 Mio DM;

Gesellschafter:

Berliner Kraft- und Licht(Bewag)-AG, Berlin W 35 (16 $\frac{2}{3}$ %),
 Elektrowerke AG, Berlin W 30 (16 $\frac{2}{3}$ %),
 Hamburgische Electricitäts-Werke-AG, Hamburg 1 (16 $\frac{2}{3}$ %),
 Nordwestdeutsche Kraftwerke AG, Hamburg 21 (16 $\frac{2}{3}$ %),
 Preußische Elektrizitäts-AG, Hannover (16 $\frac{2}{3}$ %),
 Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Dortmund (16 $\frac{2}{3}$ %);

Geschäftsführer: Direktor Dipl.-Ing. E. KELTSCH, Hamburg, Direktor Dr.-Ing. L. SPENNEMANN, Dortmund;

Vorhaben:

a) Projekt eines 100-MWe-Atomkraftwerks mit graphitmoderiertem, CO₂-gekühltem Reaktor (Calder-Hall-Typ), Leistungssteigerung auf 200 MWe vorgesehen;

In der halbjährigen Projektierungszeit stellte es sich heraus, daß es aus wirtschaftlichen Gründen unzuweckmäßig ist, zunächst einen Reaktor des Calder-Hall-Typen zu bauen und diesen dann später durch Verwendung angereicherter keramischer Brennstoffelemente und Erhöhung der Gasaustrittstemperatur in seiner Leistung zu vergrößern (verdoppeln). Das Projekt wurde daher wie folgt geändert:

Graphitmoderierter, CO₂-gekühlter Reaktor, angereicherte keramische Brennstoffe, Leistung etwa 150 MWe;

b) Projekt eines 150-MWe-Atomkraftwerks mit leichtwassermoderiertem und -gekühltem Siedewasserreaktor und Dampfüberhitzung mittels Kernenergie oder Ölfeuerung;

Projektfirmen:

zu a) Deutsche Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke AG, Oberhausen;

zu b) Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Frankfurt/M.;

Projektkosten: etwa 6 Mill. DM/Projekt;

Finanzierung: $\frac{2}{3}$ vom Bund und $\frac{1}{3}$ von den Gesellschaftern;

Projektauftrag: Anfang 1959 erteilt;

Projektierungszeit: etwa zwei Jahre (April 1961);

Standort und Inbetriebnahme: noch unbekannt.

Ferner hat sich die Berliner Kraft- und Licht (BEWAG)-AG, Berlin W 35, bei der Euratom-Gemeinschaft als Interessent für ein Kernkraftwerk mit ungefähr 150-MWe-Leistung im Rahmen der 2. Ausbaustufe des US/Euratom-Forschungs- und Entwicklungspro-

gramms, also für eine Fertigstellung etwa im Jahre 1965, eintragen lassen.

Es ist demnach die erfreuliche Tatsache festzustellen, daß schon im Laufe des Jahres 1960 das erste deutsche Kernkraftwerk betriebsbereit sein wird. In den folgenden Jahren sollen weitere Reaktortypen betriebsfertig oder baureif sein. Sie alle werden endlich eine konkrete Beurteilung der mit der neuen Energiequelle auftauchenden und so heftig diskutierten Fragen, insbesondere der tatsächlichen Gesteungskosten sowie der betrieblichen Sicherheit und Einsatzbereitschaft von Kernkraftwerken im öffentlichen Verbundnetz ermöglichen.

Energiewirtschaftliche Kurzberichte

Über den Baufortschritt beim schottischen 150-MWe-Kernkraftwerk Hunterston berichtet A. F. AUSTEN:

Das 2 800-Millionen-öS-Projekt ist wie aus Abbildung 1 ersichtlich, in baulicher Hinsicht bereits sehr weit fortgeschritten. Die Generalunternehmer General Electric Corp.

führlicher die Dichtigkeitsprüfung des Reaktorskessels, den Aufbau des biologischen Schildes, die CO₂-Gebläse, die Herstellung spezieller Betonplatten für die Turbinenhalle, den Aufbau des Gebäudes für die Be- und Entlademaschine, den Bau des Kühlbeckens und so weiter.



Abb. 1. Die erste Wärmetauschereinheit für Reaktor A

Photos: The General Electric Company Limited of England

of England und Simon Carves Atomic Energy Group sind fest davon überzeugt, daß im Winter 1962/63 der erste Reaktor kritisch werden wird.

In seinen Ausführungen schildert der Autor etwas aus-

Die Mitteilung von A. F. Austen stellt eine wertvolle Ergänzung des in der ÖZE 11/4, 9, 1958 — Beilage „Das Atomkraftwerk“ erschienenen Berichtes dar.

W. KUNZ

Das Atominstitut der Wiener Hochschulen im Prater, Leitung Prof. Dr. G. Ortner, errichtet den Reaktor TRIGAMARK II, Leistung 100 kW, als Studienreaktor für Ausbildung und Forschung. Für den Fluß von 10^{12} Neutronen/cm²sec ausgelegt, kann er vielseitig eingesetzt werden.

Das Herz des Reaktors, sein „Core“, ruht am Grunde eines 6 m tiefen Wasserbeckens von 2 m Durchmesser. Es ist von einer starken Schwerbetonschicht umgeben, durch die keine Strahlung dringt. Nach oben schützt eine Wassersäule die auf der Bedienungsbühne arbeitenden Personen. Es läßt sich durch das Wasser hindurch hantieren. An den Abschirmblock des Reaktors schließt ein Wasserbecken an, in dem umfangreiche Gegenstände bestrahlt werden können. Gegenüber befindet sich ein 20 t schweres Betontor, das bei abgeschaltetem Reaktor auf Schienen ausgefahren werden kann und die thermische Säule freigibt. Das Core besteht aus etwa 60 zylindrischen Brennelementen, je etwa 4 cm dick und 72 cm lang. Eine dicht geschlossene Aluminiumhülse enthält den eigentlichen Kernbrennstoff (20%ig angereichertes Uran, eingebettet in Zirkonhydrid, das über 90% des Elementes ausfüllt), insgesamt etwa 10 kg Uran, darunter 2 kg Uran-235. Das Core ist außen mit einem Reflektor aus Graphit umgeben. In das Core tauchen drei Regelstäbe aus Kadmium ein, die die Kettenreaktion beim Einfahren dämpfen, beim Herausfahren anfahren. Bei Betriebsstörungen fallen die Stäbe automatisch in das Core ein und schalten den Reaktor schnell ab. Das Zirkonhydrid bremsst die bei der Kernspaltung entstehenden schnellen Neutronen (Moderator). Das Core durchströmendes Kühlwasser unterstützt die Bremsung. Zirkonhydrid in den Brennelementen hebt das Sicherheitspotential des Reaktors. Er hat einen „negativen Temperaturkoeffizienten“, d. h. jede Temperatursteigerung im Core dämmt die Kettenreaktion ein: Steigt also die Temperatur im Reaktor an, so wird damit die Wärmeentwicklung im Reaktor gebremst (selbststabilisierender Reaktor). Beim TRIGA hingegen wirkt der negative

Temperaturkoeffizient prompt, d. h. er kann nicht durchgehen. Ein solcher Reaktor kann somit in dicht besiedeltem Gebiet aufgestellt werden. Die unmittelbare Umgebung des Reaktors muß gegen die im Betrieb vom Core ausgehende Strahlung geschützt werden. Es handelt sich dabei nicht nur darum, daß die am Reaktor arbeitenden Wissenschaftler keine Gesundheitsschäden erleiden, sondern auch darum, daß die Meßinstrumente in der Reaktorhalle, welche viel empfindlicher als der menschliche Körper sind, nicht zuviel „Hintergrundstrahlung“ erhalten, da andernfalls Messungen unmöglich werden. Die Abschirmung wird durch den Graphitreflektor, sodann durch eine Wasserschicht im Reaktorbecken und schließlich durch eine 2 m dicke Abschirmung aus Schwerbeton bewirkt. Unmittelbar vor dieser Abschirmwand werden die mit der Strahlung vertrauten Forscher arbeiten, ohne eine Gefährdung ihrer Gesundheit befürchten zu müssen. Personen, die wesentlich weiter vom Reaktor leben, werden überhaupt nicht gefährdet. Der Reaktor besitzt mannigfaltige Einrichtungen zur Bestrahlung von Substanzen. Eine Thermalisierungssäule verbindet das Core mit dem Bestrahlungsbecken und leitet einen Teil der Reaktorstrahlung dorthin. Gegenüber liegt eine graphitgefüllte Thermische Säule, in der abgebremste Neutronen entstehen. Nach dem Ausfahren des Betontors wird ihr Bestrahlungskanal zugänglich. Das geschlossene Betontor verhindert den Austritt der Strahlung. Der Reaktor besitzt außerdem vier waagrechte Strahlrohre, die normalerweise durch Beton- und Bleistopfen verschlossen sind. Durch sie kann Reaktorstrahlung in kontrollierter Weise nach außen gelangen. Senkrecht von oben führt durch das Wasser ein zentrales Bestrahlungsrohr und eine Rohrpost in das Core, durch die in Hüllen eingeschlossene Proben pneumatisch in das Core eingebracht und wieder herausgeschleudert werden können. In die drehbare Bestrahlungseinrichtung können von oben Proben in Büchsen eingebracht werden und mit Hilfe eines Antriebes um das Core gedreht werden.

Zeitschriftenschau

Das Atom und die Elektrizitätswirtschaft. Von W. MACKENTHUN. Bilanz der Deutschen Atomwirtschaft. Sonderbeilage des Industriekurier, anlässlich der Tagung des Deutschen Atomforums in Karlsruhe, Oktober 1960.

Die Eingliederung der Wärmequelle Kernenergie in die öffentliche Stromversorgung ist eine wichtige Aufgabe der Atomwirtschaft. Die deutsche Elektrizitätswirtschaft ist mit der Lösung dieser Aufgabe befaßt. Bei der großen Bedeutung dieser Frage darf es nicht verwundern, daß die getroffenen Maßnahmen da und dort auf Kritik stoßen, die sich jedoch stets als ungerechtfertigt erweist. Von jenen Kritiken sei abgesehen, die von Stimmen derjenigen ausgestoßen werden, die „später keine eigene Verantwortung zu tragen brauchen“.

Das Kernenergieprogramm 1957 der Deutschen Bundesrepublik sah Versuchskraftwerke für 500 MW vor, für welche jährlich 2,2 bis 2,4 Mrd DM aufgebracht werden müßten. Der von der Elektrizitätswirtschaft zu tragende Anteil für die Kraftwerke beträgt 0,75 bis 1 Mrd DM. Die angestellten Überlegungen führten zur Inangriffnahme der zwei 15-MW-Versuchskraftwerke, in welchen die erforderlichen Spezialkräfte erfolgreich ausgebildet werden können.

Der hohe Entwicklungsstand des konventionellen Dampfkraftwerkes muß beim Entwurf des Atomkraftwerkes Berücksichtigung finden. Die Entwicklung solcher Werke ist nicht abgeschlossen, sie ist vielmehr „in vollem Fluß“. Die deutsche Elektrizitätswirtschaft beteiligt sich mit der deut-

schen Industrie an dieser Projektierungstätigkeit. Es wird angeführt, „daß man im Bundesgebiet nicht einfach zuwartet und die Entwicklung von reicheren Ländern tragen läßt“. Mit Interesse wird auf die Betriebsergebnisse des ersten Kernkraftwerkes der USA, des 180-MW-Kraftwerkes Dresden bei Chicago/Illinois gewartet, die auch die Anlage- und Betriebskosten einschließen werden. Zur Lösung des Wettbewerbsproblems zwischen konventioneller und Kernenergie wurden „einwandfreie und völlig durchschaubare Kalkulationsgrundlagen für Wirtschaftlichkeitsberechnungen und -vergleiche“ ausgearbeitet.

Das Zeitalter des Atomkraftwerkes steht „noch nicht unmittelbar vor der Tür“. Um es zeitlich an die Gegenwart heranzurücken, wurden erhebliche finanzielle Opfer gebracht. Drei 100- bzw. 150-MW-Kernkraftwerke teils deutscher teils gemischt deutsch-ausländischer Konstruktion werden baureif projektiert. An dem Bau der zwei 15-MW-Werke und der Projektierung der 100- bzw. 150-MW-Werke sind die Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit 85% der gesamten öffentlichen Stromerzeugung des Bundesgebietes beteiligt. Den restlichen Unternehmen steht der Weg zur Mitarbeit jederzeit offen.

Die Elektrizitätswirtschaft fördert die Ausbildung von Fachpersonal durch Studienreisen, Schulungskurse und Bereitstellung des einschlägigen Schrifttums. Manche Unternehmen unterhalten Spezialabteilungen für Kernenergiefragen.

Personalnachricht

Dozent Dr. M. Higatsberger — Präsident des „Dragon-Projektes“

Dozent Dr. HIGATSBERGER wurde zum Präsidenten des „Dragon-Projektes“ gewählt, einer gemeinsamen Planung

der OEEC-Staaten zur Entwicklung eines neuartigen Reaktortyps, der besonders hohe Arbeitstemperaturen erlaubt.

Das deutsche 15-MWe-Kernkraftwerk in Kahl

Von Dr. W. KUNZ, Studienabteilung für Energieübertragung der Verbundgesellschaft, Wien

Mit 5 Textabbildungen

Am 13. November 1960 um 22.04 Uhr konnten die in Kahl arbeitenden Wissenschaftler und Ingenieure der AEG-Frankfurt, der Rheinisch-westfälischen Elektrizitätswerke AG, der Bayern-Werk AG und der International General Electric mit Genugtuung feststellen, daß der erste Leistungsreaktor im deutschen Sprachraum kritisch geworden war.

Dieses Ereignis wird zum Anlaß genommen, um den österreichischen Energiefachleuten zu zeigen, aus welchen Überlegungen heraus ein EVU die Frage Kernkraftwerk ja oder nein, Prototyp-Kernkraftwerk ja oder nein, gelöst hat. Weiters soll an Hand des zeitlichen Ablaufes des Baues des deutschen Kernkraftwerkes über die auftretenden Schwierigkeiten und insbesondere über die Neuartigkeit der zu lösenden Probleme ausführlich berichtet werden.

I. Vorbereitung und Auftragserteilung

Das Bekanntwerden der möglichen Verwendung der bei der Kernspaltung freiwerdenden Energie zur Stromerzeugung mußte für ein verantwortungsbewußtes EVU das Signal sein, diese sich hier abzeichnenden neuen Probleme eingehend zu studieren und zu untersuchen, welche Konsequenzen aus dieser Neuentwicklung für die Energiewirtschaft gezogen werden könnten. Die Studien dieser neuen Probleme führen über kurz oder lang zu folgender Erkenntnis: Ab einem gewissen Zeitpunkt X wird die Kernenergie in jedem Land in mehr oder minder großem Umfang als neuer Energieträger eingesetzt werden müssen. Man kann sich nun auf den Standpunkt stellen, daß man bis zu diesem Zeitpunkt die Situation nur beobachtend verfolgt und zum gegebenen Zeitpunkt ein solches Kernkraftwerk, populär gesprochen, „von der Stange“ kauft. Die andere Möglichkeit besteht darin, diesen Zwischenraum dadurch sinnvoll auszunützen, indem man zunächst ein kleines Prototyp- oder Schulungs-Kraftwerk baut, um so durch eigene Erfahrung mit diesem neuen Energieträger bekannt zu werden.

Das RWE und zu einem späteren Zeitpunkt auch die Bayern-Werk AG entschlossen sich, diesen zweiten Weg zu beschreiten. Zunächst war es Aufgabe einer Gruppe von Fachleuten, unter den vorhandenen Reaktor-Typen die Wahl zu treffen, welchem Reaktor man den Vorzug geben soll. Im wesentlichen waren folgende Gesichtspunkte bei der Wahl beachtet worden:

1. Der Reaktor-Typ soll gute technische und wirtschaftliche Aussichten für künftige betriebssichere Kernkraftwerke großer Leistung bieten.
2. Der Reaktor-Typ soll möglichst flexibel und nicht zu konservativ sein, ohne allerdings ein zu großes technisches Neuheitsrisiko zu enthalten.
3. Das Kernkraftwerk sollte in kurzer Zeit erstellt werden können und frühzeitig Betriebserfahrungen liefern.
4. Es sollte zur Erweiterung der Erfahrungsbasis in Europa ein Typ gewählt werden, der sich nicht bereits in einem benachbarten Land in Planung oder Bau befindet.

Die Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte führte im Jahre 1957 fast zwangsläufig zur Wahl eines Siedewasser-Reaktors. Nachdem weiters festgestellt worden war, daß die Anlage etwa 10 bis 15 MW elektrische Leistung abgeben sollte, wurde die Vergabe international ausgeschrieben. Nach eingehender Prüfung der eingelangten Angebote und nach dem Scheitern der Verhandlungen zwischen AMF-MEL einerseits und SSW-Erlangen andererseits, wurde am 13. Juni 1958 der AEG-Frankfurt der Auftrag auf Erstellung und Inbetriebnahme eines schlüsselfertigen Kernkraftwerkes erteilt.

Die Hauptpartner der AEG waren die International General Electric (I.G.E.) und die deutsche Firma Hochtief. Die I.G.E. war für den Entwurf des Reaktors verantwortlich, arbeitete Spezifikationen für verschiedene Anlagenteile aus und überprüfte deren Einhaltung. Weiters wirkte sie sowohl als Berater bei der Auslegung der Anlage als auch als Ausbilder für das Betriebspersonal mit. Die I.G.E. lieferte die Brennstoffelemente, die Steuerstäbe mit Antrieben, einige Inneneinbauten des Reaktors und Teile der Meß- und Regelanlage.

Der überwiegende Teil der verbleibenden Lieferungen für das Kraftwerk konnte von der AEG in Deutschland platziert werden, wodurch vielen deutschen Firmen Gelegenheit gegeben wurde, erstmalig eigene Erfahrungen auf dem „Atomsektor“ zu sammeln. Ein Großteil der deutschen Firmen waren anfänglich nicht davon überzeugt, daß sie durch diesen Auftrag „Atomerfahrung“ gewinnen werden können. Heute nach Fertigstellung der Arbeit ist eigentlich jeder der Hauptlieferanten dem RWE dafür dankbar, daß er mehr oder minder gezwungen wurde, sich mit diesen neuen Problemen zu beschäftigen. Übereinstimmend mußten alle feststellen, daß hier tatsächlich eine Reihe — auch für die deutsche Industrie — noch ungelöste Probleme bestehen.

Es wurde schon erwähnt, daß bei der Auslegung der Anlage besonderer Wert auf eine große Flexibilität bezüglich künftiger Änderungen zum Zwecke der Erfahrungssammlung gelegt wurde. Folgende Maßnahmen zielen in diese Richtung: Durch den Übergang auf Zwangsumlauf im Reaktor wird es möglich sein, eine Leistungssteigerung auf etwa 30 MWe zu erreichen. Allerdings bedingt dies eine Änderung des Kernes. Um diese Leistungssteigerung realisieren zu können, wurden die Räume für Pumpen- und Rohrleitungen bereits für zwei Zwangsumlaufkreise im Reaktorgebäude vorgesehen. Weiters wurde beachtet, daß die später notwendigen Zusatzeinrichtungen für den Zwangsumlauf im Reaktordruckgefäß noch untergebracht werden können. Die erforderlichen Stützen am Druckgefäß sind bereits vorhanden, derzeit aber blind geflanscht. Die biologische Abschirmung und das Reaktorgebäude selbst sind bereits für eine Leistung von 30 MWe ausgelegt. Der zusätzlich erzeugte Dampf kann in einen zweiten Dampfumformer geleitet werden, für dessen räumliche Unterbringung im Reaktorgebäude Vorsorge getroffen ist. Die Aufstellung einer zweiten Turbine ist eingeplant. Die Haupt-

kühlwasserleitung, ebenso das Kühlwasserpumpenhaus am Main und am Gustav-See, sind bereits für eine Leistung von 30 MWe dimensioniert.

Die Verwirklichung der geschilderten Erweiterungsmöglichkeiten, der Einbau sowie die Erprobung weiterer Versuchseinrichtungen werden von den Betriebserfahrungen mit der jetzigen Ausbaustufe des Versuchskraftwerkes abhängen. Das erste Nahziel ist das Sammeln von Betriebserfahrung, insbesondere im Dauerbetrieb.

II. Genehmigungsverfahren

Für die Errichtung und Inbetriebnahme des Versuchskernkraftwerkes Kahl mußten von der Versuchsatom-Kraftwerk Kahl Ges.m.b.H. (VAK) bzw. in Einzelfällen auf Grund der Liefervertragssituation von der AEG bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden folgende Einzelgenehmigungen beantragt werden:

1. Baugenehmigung.
2. Wasserrechtliche Erlaubnis bzw. Bewilligung.
3. Atomrechtliche Genehmigung der Kraftwerksanlage nach § 7 des deutschen Atomgesetzes.
4. Gewerbeaufsichtsgenehmigung.
5. Genehmigung nach §§ 4 und 5 des Energiewirtschaftsgesetzes.
6. Genehmigung zur Einfuhr des Kernbrennstoffes.
7. Genehmigung zur Beförderung des Kernbrennstoffes (§ 4 des deutschen Atomgesetzes).
8. Genehmigung zur Aufbewahrung des Kernbrennstoffes (§ 6 des deutschen Atomgesetzes).
9. Genehmigung zur Einfuhr, zur Beförderung und Umgang mit verschiedenen Gamma- und Neutronenquellen (§§ 3, 4, 5 der ersten Strahlenschutzverordnung).

Zu den einzelnen Genehmigungsverfahren wäre zu sagen:

Zu 1.

Trotz der sehr frühzeitigen Inangriffnahme der einzelnen Genehmigungsverfahren gemeinsam mit den beteiligten Landes- und Bundesbehörden führten die beiden „konventionellen Genehmigungsverfahren“ nach dem Bau- und Wasserrecht erst relativ spät zu den endgültigen Genehmigungsbescheiden. Erst im November 1959 wurde vom zuständigen Landratsamt die bauaufsichtliche Genehmigung endgültig erteilt. Von den umfangreichen Auflagen der Baugenehmigung verdienen im Hinblick auf die besonderen Gegebenheiten eines Kernkraftwerkes einige aus der Abstimmung mit dem wasserrechtlichen Verfahren resultierenden Auflagen besondere Erwähnung. Nämlich:

a) Die unterkellerten Teile des Reaktorgebäudes, der Aufbereitungsanlage, der Lager für feste und flüssige Abfälle sind als wasserdichte, zuverlässig isolierende Wannen auszubilden.

b) Alle Eingänge dieser Bauteile sind in einer bestimmten Höhe oberhalb der Kote des „1000jährigen Hochwassers des Mainflusses“ einzuordnen.

Zu 2.

Im August 1960 wurde für Grund- und Flußwasser besonders die wasserrechtliche Erlaubnis erteilt, wobei die Entnahme von Kühl- und Zusatzwasser aus dem Grundwasser (Gustav-See) bzw. aus dem Main und die Einleitung von Kühl- und Abwässern in das Grundwasser bzw. in den Main geregelt wird. Als typische Beispiele der behördlichen Auflagen sollen genannt werden:

a) Die aktiven Abwässer müssen speziell aufbereitet werden.

b) Die Abflußmengen und höchstzulässigen spezifischen Aktivitäten sind nach der ersten Strahlenschutzverordnung zu regeln.

c) Die Abgabe aktiver Abwässer in den Vorfluter müssen meßtechnisch durch eine Dauerregistrierung erfaßt werden.

d) Alle das Kraftwerk bzw. das Kraftwerksgelände verlassenden Abwasserstränge müssen auf eine eventuelle nicht betriebsgewöhnliche Aktivierung untersucht werden.

e) Die Gesamtaktivität des Flußwassers und zahlreicher Grundwasserproben auf dem Kraftwerksgelände und in der Umgebung sind regelmäßig zu messen.

f) Ein Test- und Sicherungsbrunnen auf dem Kraftwerksgelände ist zu errichten, so daß ein Grundwasserabsenkungstrichter erstellt wird, der den gesamten nuklearen Kraftwerksteil erfaßt.

Zu 3.

Die im nachfolgenden angeführten Tatsachen und die Abwicklung des gesamten atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens zeigen eindeutig, daß auch die Behörden erst ein gewisses Maß an Erfahrung und Selbstvertrauen gewinnen müssen, um hier sinnvoll und für den Erbauer des Kernkraftwerkes nicht finanziell belastend eine Entscheidung herbeizuführen. Die zu diesem Kapitel gemachten Ausführungen müssen besonders unter dem Blickpunkt betrachtet werden, daß es sich hier um die Erfüllung der Forderungen der deutschen Gesetze handelt.

Um mögliche Terminverzögerungen, die die Aufteilung des ohnehin umfangreichen und komplizierten atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens ohne Zweifel in sich birgt, zu vermeiden, war der VAK als Antragstellerin und späteren Betreiberin der Anlage begreiflicherweise sehr daran gelegen, rechtzeitig vor Inbetriebnahme eine Gesamtgenehmigung für die Errichtung und den späteren Leistungsbetrieb der Anlage zu erhalten. Diese Gesamtgenehmigung spielt bei einem Kernkraftwerk großer Leistung eine entscheidende Rolle, denn Inbetriebnahmeverzögerungen haben infolge der Verzinsung des hohen Anlagekapitals während der Bauzeit eine starke Rückwirkung auf die Stromerzeugungskosten des Werkes.

Sowohl aus terminlichen als auch zum Teil aus grundsätzlichen Vorstellungen der Genehmigungsbehörde wurde die Genehmigung aufgeteilt, wobei der erste Teilgenehmigungsbescheid nur die Errichtung der Anlage betraf. Der Betrieb der Anlage blieb zunächst nur auf die erste, etwa 4–6 Wochen dauernde, Phase „A“ des Anfahrprogrammes (Kritisches Experiment und Nulleistungsversuche bei offenem Reaktor) beschränkt.

Zur lückenlosen Erfüllung aller Genehmigungsvoraussetzungen war es erforderlich, der Genehmigungsbehörde, der Reaktorsicherheitskommission und dem amtlichen Sachverständigen der Genehmigungsbehörde (Technischer Überwachungsverein Bayern) folgende Unterlagen einzureichen:

1. Sicherheitsbericht.

2. Memorandum über die personellen Maßnahmen für den 3monatigen Anfahrbetrieb. Memorandum über die fachliche Qualifikation des Personals der VAK, der AEG sowie der Fachleute der I. G. E.

3. Beschreibung der zwei Abschnitte des Inbetriebnahmeverfahrens: „Phase A“: Kritisches Experiment und Nulleistungsversuche, „Phase B“: Leistungsversuchsbetrieb.

4. Alarmplan über das Vorgehen bei eventuellen Reaktorunfällen.

5. Interne Strahlenschutzordnung für den Betrieb der VAK.

6. Ausführlicher Sicherheitsplan mit Angabe aller zum Schutz der Anlage gegen äußere und innere Einwirkungen getroffenen technischen und organisatorischen Maßnahmen und Vorkehrungen.

Für die Genehmigung des Standortes waren eine Reihe von Gutachten notwendig, die von der Staatlichen bakterio-

logischen Untersuchungsanstalt, dem Landesamt für Wasserversorgung und Gewässerschutz, dem Wasserwirtschaftsamt Aschachenburg, der Gesundheitsbehörde des Landratsamtes Alzenau und vom deutschen Wetterdienst Offenbach erstellt wurden.

Zur Schaffung einer für den späteren Nachweis erforderlichen Vergleichs- und Beweisgrundlage, ob nicht der Kernkraftwerksbetrieb die Standortumgebung nachteilig beeinflusst, wurde der VAK eine Beweissicherungsanordnung übermittelt, nach der bereits längere Zeit vor Inbetriebnahme des Kraftwerkes die Feststellung der Grundradioaktivität der Standortumwelt festzustellen war. Insbesondere wurde verlangt, die Grundaktivität (Gesamt-Beta-Aktivität) des

- a) Grund- und Oberflächenwassers,
- b) der Wasser-Fauna,
- c) der Luft (kontinuierlich und diskontinuierlich),
- d) der Niederschläge,
- e) des Bodens,
- f) der Flora einschließlich Mikro-Flora und
- g) der Fauna

laufend zu messen.

Zu 4.

Die dämpferzeugenden bzw. -führenden Hauptkomponenten des Primärkreises, das Reaktordruckgefäß und der Dampfumformer wurden als „Dampfkessel“, der Leerlaufkühler, der Reaktorspeisewasserbehälter und der Verdampfer in der Abwasseraufbereitungsanlage als „Dampfgefäß“ deklariert und bedurften daher einer gewerbeaufsichtlichen Aufstellungsgenehmigung. Überdies wurde die gesamte Anlage des Kernkraftwerkes Kahl, und zwar sowohl die baulichen als auch die maschinentechnischen Anlagen nach den einschlägigen Bestimmungen der Gewerbeordnung insbesondere im Hinblick auf die Einhaltung der geltenden Unfallverhütungsvorschriften abgenommen.

Zu 5.

Es ist dies eine rein deutsche Regelung, die für den österreichischen Leser von geringem Interesse ist.

Zu 6.

Bei der gesamten Abwicklung stellte es sich heraus, daß nur dann die Einfuhr und Auslieferung der Brennstoffelemente an die VAK möglich wird, wenn es ein Bundesatomgesetz gibt. Erst nachdem es gelungen war, das Atomgesetz zu erwirken, der Kaufvertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der US-Atomenergiekommission abgeschlossen und der innerdeutsche Pachtvertrag zwischen der Bundesrepublik und der VAK unterzeichnet war, konnte das zuständige Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft eine spezielle Einfuhrbewilligung für die Brennstoffelemente erteilen.

Die Übergabe der Brennstoffelemente von der I. G. E. an die amerikanische Atomenergiekommission und von dieser an die Bundesrepublik bei gleichzeitigem Übergang der Gesamthaftung auf die VAK, erfolgte im Hafen Oakland (San Francisco).

Der Transport der 100 Brennelemente, die in 50 Transportbehältern verpackt waren, erfolgte vom genannten Hafen nach Nordenham auf einem amerikanischen Schiff. Bei einer deutschen Reederei konnte nicht gebucht werden, da auf Grund der Auslegung des § 25 des deutschen Atomgesetzes seitens des Bundes, der Transport des Kernbrennstoffes keine „betriebszugehörige Handlung“ darstellt. Aus diesem Grund stellte die deutsche Reederei eine zusätzliche nicht erfüllbare Forderung nach einer Kaskoversicherung für das Transportmittel.

Zu 7.

Folgende Einzeltransportgenehmigungen für den Brennstoff waren erforderlich:

1. Genehmigung für die Einfahrt des amerikanischen Schiffes in die 3-Meilen-Zone vor dem Hafen Nordenham/Weser.

2. Genehmigung der Umladung der je 2 Stück Brennelemente enthaltenden Stahlblechkisten vom Schiff auf einen Sonderzug der Deutschen Bundesbahn im Hafen Nordenham/Weser.

3. Genehmigung für den Eisenbahntransport von Nordenham nach Dettingen und über Anschlußgleis zur Baustelle mit einem aus 13 Kmmgks-Wagen bestehenden Sonderzug der Deutschen Bundesbahn.

4. Genehmigung für die Ausladung der verpackten Brennstoffelemente am Kraftwerksstandort und Überführung in den dort befindlichen Lagerraum.

Zu 8.

Zuständig für die Erteilung der Aufbewahrungsgenehmigung ist die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig. Für diese Genehmigung mußten zusammen mit den Anträgen zum Nachweis der Erfüllung aller Voraussetzungen umfangreiche Unterlagen über Transportmittel, Ladeplan, Verpackung der Elemente, physikalischer Nachweis der Ungefährlichkeit und Nachweis der an der Oberfläche der Verpackung auftretenden Strahlungsdosis usw. eingereicht werden.

Zu 9.

Die Genehmigung zur Einfuhr und zur Beförderung der beiden Antimon-Beryllium-Neutronenquellen wurden beim Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft, beim Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft bzw. beim Bundesministerium für Verkehr, beantragt und genehmigt.

Die Antimonstäbe wurden im französischen Forschungsinstitut Saclay bestrahlt und von dort per Bahn an ihren Bestimmungsort befördert. Die Koordination der Transportmaßnahmen der Deutschen Bundesbahn und der französischen Staatsbahnen bereitete keine großen Schwierigkeiten. Die für den Transport erforderliche „Deckungsvorsorge“ wurde nach Abschluß einer Transport-Strahlenhaftpflichtversicherung für den gesamten Transportweg bei einer französischen Versicherungsgesellschaft erbracht und nachgewiesen.

Abschließend kann zum Kapitel Genehmigungsverfahren gesagt werden, daß die praktizierte lose Kopplung und nicht ausgeprägte Koordination zwischen den konventionellen Teilgenehmigungen und dem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren, insbesondere den Antragsteller aber auch die Behörden finanziell stark belasten. So soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Mittel, die für die Genehmigung dieses Kernkraftwerkes aufgewendet wurden, ein Mehrfaches dessen betragen, was man für die Genehmigung eines konventionellen 150 MWe-Kraftwerkes benötigt.

III. Beschreibung des Kernkraftwerkes

1. Allgemeine Beschreibung

Der Reaktor ist ein heterogener leichtwassergekühlter und moderierter Siedewasser-Reaktor mit Naturumlauf des Kühlmittels im geschlossenen Primärkreis. Der Reaktorkern besteht aus 88 Brennstoffelementen, die ihrerseits aus 36 Zirkalloy-2 umhüllt mit UO_2 -Preßlingen gefüllten Brennstoffstäben zusammengesetzt sind. Das Urangewicht des Kernes beträgt 5,545 kg. Die Anreicherung des Gleichgewichtskernes beträgt 2,3 Gewichtsprozent U-235. Der mittlere Abbrand der Brennstoffelemente ist bezüglich der Reaktivität des Kernes zu 8 800 MWd/t bezüglich der Haltbarkeit zu 11 000 MWd/t garantiert.

Der im Reaktor erzeugte Dampf gibt seine Wärme im Dampfumformer und im Unterkühler an den Sekundärkreis ab. Der im Sekundärkreis erzeugte Sattdampf wird über

einen Wasserabscheider zur Turbine geleitet. Die Turbine ist eine eingehäusige, einflutige axiale Gleichdrucksattdampf-kondensationsturbine (Bauart AEG) mit vierstufiger, ungesteuerter Dampfentnahme für die Vorwärmung des Speisewassers und kontinuierlicher innerer Entwässerung des Dampfes. Die maximale Dauerleistung beträgt 16 MW. Die maximale Dampfefeuchte während der Expansion ist mit 11,5% angegeben. Der luftgekühlte Drehstromgenerator hat eine Nennscheinleistung von 20 MVA und eine Nennspannung von 5,3 kV. Der Wirkungsgrad der Kraftwerksanlage, bezogen auf die Hochspannungsklemmen des Hauptumformers, beträgt bei Belastung der Turbine (15 MW) 27,3%.

Der Reaktor einschließlich Primärkreis mit seinen Nebenkreisen sowie die Hilfseinrichtungen befinden sich in dem als druckdichtes Gehäuse ausgebildeten Reaktorgebäude (Innendurchmesser = 13,7 m, Höhe = 46,0 m). Das Reaktorgebäude ist zur Hälfte im Erdreich eingelassen. Die im zylindrischen Teil aus 21 mm-Blech hergestellte Druckschale ist von einem 70 cm starken Betonmantel umgeben und sitzt im unteren Teil in einem Betonzylinder, der während des Baues des Reaktorgebäudes als Caisson diente.

Der Sekundärkreis der Anlage besteht im wesentlichen aus Turbosatz mit Zubehör, Speisewasser-Vorwärmanlage, Speisewasserbehälter und Entgaser, Speisepumpen sowie Notstromdieselaggregat mit 500 kVA. Die Vollentsalzungsanlage befindet sich im Maschinenhaus. An dieses ist das

sowie der Batterieraum und Schaltanlagen untergebracht. Im 1. Stock sind die Mannschaftsräume, der Speiseraum sowie die elektrische Werkstatt vorgesehen. Der 2. Stock ist als Kabelboden ausgebildet. Dort befinden sich auch die 3 Umformersätze für die Haupt-Wechselstromverbraucher. Über dem Kabelboden befindet sich die Hauptwarte des Kraftwerkes.

Auf der dem Betriebsgebäude gegenüberliegenden Seite des Reaktorgebäudes liegt das Aufbereitungsgebäude; durch dieses werden vor Entlassen in die Umgebung bzw. vor der Lagerung alle möglicherweise aktiven Flüssigkeiten und Gase geleitet und gegebenenfalls aufbereitet. Im Aufbereitungsgebäude sind auch die beiden Zwischenkühler untergebracht, über welche sämtliche Hilfskühlkreise des Reaktors mit Kühlwasser aus dem Gustav-See gekühlt werden.

Am Eingang zum Kraftwerksgelände befindet sich das Pfortnergebäude mit eingebaute Garage.

Abb. 1 zeigt die Seitenansicht des Kahler Kraftwerkes.

2. Primärkreis

Die im Reaktorkern freigesetzte Wärme wird an den Primärkreis abgegeben. Dieser setzt sich aus dem Reaktor, dem Dampfumformer, dem Unterkühler, der Dampfleitung und der Kondensatleitung zusammen. Die Bewegung des Kühlmittels wird durch Naturumlauf erreicht. Der Druckverlust im Dampfumformer und Unterkühler beträgt bei



Abb. 1. Seitenansicht

zweiteilige Betriebsgebäude angebaut, dessen beide Teile durch das Treppenhaus voneinander getrennt sind. Im Keller des reaktorgebäudeseitigen Teiles sind die Heizungs- und Belüftungsanlagen untergebracht. Im Erdgeschoß befindet sich das Laboratorium mit Zählerraum, die Wäscherei, der Ein- und Ausgang zum Kontrollbereich, während das Obergeschoß für die Büroräume reserviert ist. Die Werkstatt bildet einen Anbau an diesen Gebäudeteil. Im maschinenhausseitigen Teil des Betriebsgebäudes befinden sich im Keller vor allem ein Rohr- und Kabelraum. Im Erdgeschoß sind die Zellen für die Eigenbedarfsumspanner und Dros-

Volleistung jeweils 0,0844 ata. Der Reaktor ist ein stehender zylindrischer Behälter (ϕ etwa 2,4 m) mit 2 Kugelböden, von denen der eine, und zwar der obere als Deckel ausgebildet ist. Die Dichtung zwischen dem Deckel und dem Reaktordruckgefäß wird durch zwei versilberte, hohle Metallringe hergestellt, die beim Verschrauben des Deckels in Nuten gepreßt werden. Die 21 Steuerstäbe sind durch den unteren kugelförmigen Boden geführt, während an dem oberen Deckel nur die Primärdampfleitung angeschlossen ist. Die Stützen aller anderen Rohrleitungen sind am zylindrischen Teil des Druckgefäßes angebracht. Das zurückkeh-

rende Kondensat wird im Reaktor etwas unterhalb des Wasserspiegels ringförmig an der Wand verteilt und mit dem Fallstrom des Naturumlaufes gemischt. Die Schwerkraft besorgt die erforderliche Trennung des Dampfes vom Wasser.

Der Dampfumformer, ein stehender, zylindrischer Behälter (ϕ 2,3 m, Länge etwa 10 m), besitzt eine aus geraden Rohren bestehende Heizfläche mit festen Rohrböden und außenliegenden S-förmig gebogenen Fallrohren. In den Rohren fließt das Sekundärwasser, während mantelseitig der Primärdampf kondensiert.

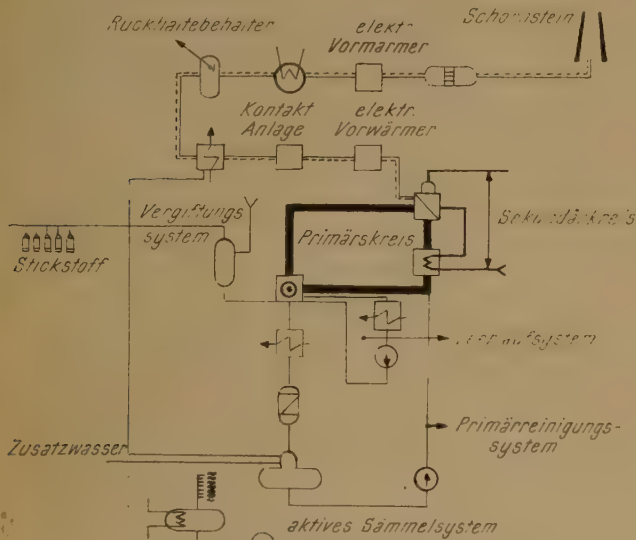


Abb. 2. Primärkreis mit Hilffssystemen

Der Unterkühler ist ein liegender- U-förmiger Wärmeaustauscher, bei dem das Primärwasser in den Rohren fließt.

Die Rohrleitungen NW 250, ND 160 (Dampf) bzw. NW 200 (Kondensat) haben eine 100%ige Vorspannung erhalten, so daß beim Vollastbetrieb keine Kräfte oder Momente vom Reaktor bzw. Dampfumformer oder Unterkühler aufgenommen werden müssen.

Gemäß dem deutschen Dampfkesselgesetz mußten 3 Sicherheitsventile für insgesamt 237 t/h-Abblaseleistung auf den Primärkreis gesetzt werden. (Gestaffelter Abblasedruck von 85–80 ata.)

Das zwar unwahrscheinliche Abblasen der Sicherheitsventile bzw. der denkbare Bruch des Primärkreises bedingt die Konstruktion und Auslegung des Reaktorgebäudes. Es ist für 6,05 atü und 155°C ausgelegt. Die Durchführung der Druckprobe stellte scharfe Ansprüche an die Meßgenauigkeit, da eine kleine Leckrate festzustellen war. Die Messungen ergaben eine Leckrate von 0,18% des Volumens pro Tag.

3. Die primären Hilffssysteme

Die zum Betrieb notwendigen primären Hilffssysteme (Abb. 2) setzen sich zusammen aus:

a) Der Abgasanlage, die für die Entlüftung beim Anfahren der Anlage bzw. während des Betriebes für den laufenden Entzug der nicht kondensierbaren Gase (Radiolyse) sorgt. Das Dampf-Gas-Gemisch wird während der Kondensation des Primärdampfes dem Dampfumformer entnommen, über elektrische Vorwärmer zur Kontaktanlage und von dort weiter zum Gaskühler geleitet (etwa 110 kg/h). Der elektrische Vorwärmer schützt die Kontaktanlage vor möglicherweise mitgerissener Dampfpeuchte. Die Kontaktanlage vereinigt die Komponenten des radiolytisch gebildeten Knallgases zu Wasserdampf. Im Gaskühler wird der Dampf-

anteil kondensiert und dem Primärspesewasserbehälter zugeleitet. Das trockene, nicht kondensierbare Gas wird zum Abklingen der Radioaktivität in den Rückhaltebehälter geleitet und dann durch den Schornstein in die Atmosphäre abgelassen.

b) Der Primärreinigungsanlage, die für die laufende Reinigung des Primärwassers von Korrosionsprodukten und anderen Verunreinigungen sorgt. An der tiefsten Stelle des Reaktordruckgefäßes wird etwa pro Stunde 3,4 t Wasser entnommen, auf unter 50°C gekühlt, 3,5 atü reduziert und im Mischbettfilter gereinigt. Von dort gelangt das Primärwasser in den Primärspesewasserbehälter, wo es bei 0,125 ata entgast wird. Die Reaktorspesepumpe drückt das Wasser wieder in den Kreislauf.

Die doppelt installierten Mischbettfilter werden nicht regeneriert. Das zum Ausschwemmen der verbrauchten Harze benötigte Transportwasser wird der Abwasseraufbereitung entnommen und wieder zugeführt.

Eines der wichtigsten Elemente im Reinigungsreis sind die 2 vertikalen 20stufigen Speisepumpen. Sie besitzen eine Flexiboxdichtung, eine eigene Druckölschmierung und eine Sperrwasseranlage. Eine konstante Mindestmenge von etwa 2 m³ pro Stunde bei etwa 12 m³ Vollastmenge sorgt für den sicheren Betrieb beim automatischen Umschalten.

Der Kühler des Reinigungskreises, der ein sehr hohes Wärmegefälle zu verarbeiten hat, wurde als reiner Gegenstromapparat ausgebildet.

c) Dem Leerlaufkreis, der ein kleines Zwangsumlaufsystem darstellt und zur Restwärmeabfuhr bei abgeschaltetem Reaktor dient.

d) Dem aktiven Sammelsystem, welches alle Leckmengen aus Stopfbuchsen, Ventilen und Hilfspumpen erfäßt. Die Leckmengen werden am tiefsten Punkt des Reaktorgebäudes gesammelt und von dort mit 2 einstufigen stopfbuchsenlosen Pumpen zur Abwasseraufbereitung gefördert.

e) Neben der Leckwassersammlung ist die Reaktor-gebäudeentwässerung untergebracht, die in einen Sumpf führt. Eine Kanalradpumpe fördert die dort anfallenden Wassermengen ebenfalls zur Abwasseraufbereitung.

f) Zwei getrennte Druckluftanlagen, die für den Antrieb der Regelaraturen und der Steuerstäbe sorgen.

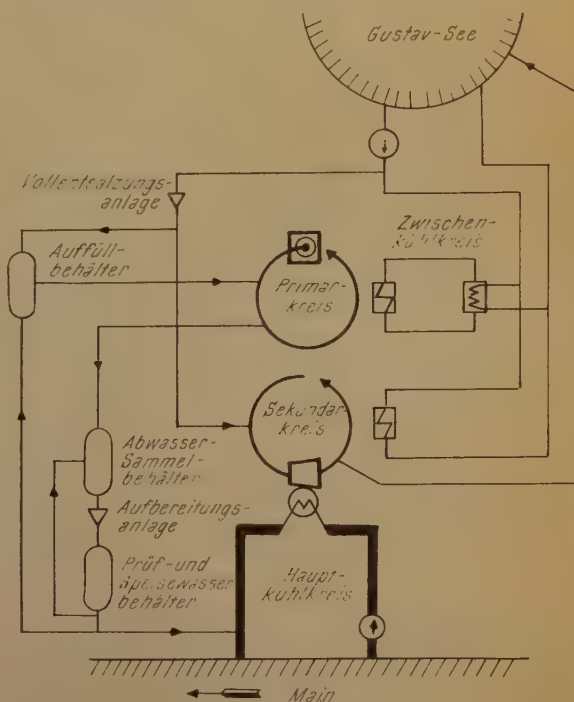


Abb. 3. Wasserwirtschaft

4. Sekundärkreis

Die vom Reaktor an den Primärkreis abgegebene Energie wird im Dampfumformer an den in sich geschlossenen Sekundärkreis übertragen. Dieser Kreis ist grundsätzlich wie in jedem anderen Dampfkraftwerk aufgebaut, sofern man sich nur an Stelle des Dampfumformers einen Kessel gesetzt denkt. Beim Sekundärkreis mußten gegenüber konventionellen Anlagen folgende Sonderfragen geklärt werden:

a) Da Sattdampf verarbeitet werden muß, erfordert die betriebssichere Entwässerung des Kreises einen gewissen Aufwand.

b) Es muß verhindert werden, daß Primärwasser in den Sekundärkreis übertreten kann.

5. Sondersysteme für die Sicherheit des Reaktorbetriebes

a) Falls die Steuerstäbe nicht mehr ordnungsgemäß arbeiten, wird der Reaktor durch eine Natriumpentaborat-Lösung „vergiftet“. Der Vorratsbehälter für die 13,5%ige Lösung faßt 680 Liter. Über der Lösung befindet sich ein Stickstoffpolster von 130 atü.

Wenn die Vergiftungslösung dem im Reaktor zirkulierenden Wasser zugesetzt wird, bewirkt der Borgehalt der Lösung, daß der Reaktor unterkritisch wird.

b) Sollte ein Bruch des Primärsystemes erfolgen, zugleich der Eigenbedarf ausfallen und die Gefahr des Schmelzens des Reaktorkernes bestehen, dann wird die Notkühlanlage angesprochen, die die Aufgabe hat, den Kern zu kühlen, den Wasserstand im Dampfumformer zu halten und den ins Reaktorgebäude entwichenen Dampf zu kondensieren.

Die Notkühlpumpen, der Notkühlbehälter in Verbindung mit einem Sprinkler-System gewährleisten die erwähnten notwendigen Notkühlmaßnahmen. Besonderes Augenmerk wurde den gegenseitigen Pumpenreserven geschenkt. Das im Notkühlkreis verwendete Wasser kann mit Natriumpenta-

6. Wasserwirtschaft

a) die verschiedenen Kühler des Primärsystemes sind im Zwischenkühlkreis zusammengeschlossen. Zu diesen gehört auch noch der Schildkühler, ein Probeentnahme-Kühler, Ölkühler der Primärspeisepumpen und die Kühlung der Ionisationskammern. (In Abb. 3 ist die Wasserwirtschaft des Kraftwerkes vereinfacht dargestellt.)

In den Zwischenkühlern wird die Wärme des Zwischenkühlkreises an das Wasser des Nebenkühlkreises (350 m³/h) abgegeben, welches dem Gustav-See in 15 m Tiefe entnommen und wieder zugeführt wird.

Erwähnenswert ist, daß in den Zwischenkühlern der Nebenkühlkreise ein höherer Druck als im Zwischenkühlkreis selbst herrscht, so daß das Ausdringen von Aktivitäten auf diesem Wege aus dem Kraftwerk praktisch unterbunden ist.

Das Kondensatorkühlwasser (4 200 m³/h) wird dem Main entnommen, in Siebmaschinen gereinigt und von 2 Propellerpumpen (davon eine in Reserve) durch den Kondensator gedrückt. Durch ein Kraftschlußbecken werden etwa 9 m geodätische Höhe zurückgewonnen. Das verbrauchte Kondensatorkühlwasser wird in den Main abgeleitet.

Die Anlagen für Trinkwasser, Abwasser, Feuerlöschwasser und Regenwasser besitzen keine Besonderheiten, außer der, daß man selbstverständlich eine Aktivierung dieser Wassermengen bewußt verhindert.

b) Kernstück der gesamten Wasserwirtschaft ist die Sammlung und Aufbereitung der aktiven Abwässer. Die Aufbereitungsanlage ist im Aufbereitungsgebäude untergebracht.

Das gesammelte Wasser durchläuft je nach Art der Verschmutzung und Aktivität entweder den Verdampfer und das Mischbettfilter oder das Mischbettfilter allein und gelangt nach der Reinigung in einen Prüf- und Speicherbehälter. Falls die Reinigung nicht genügend effektiv war,



Abb. 4. Gesamtansicht der Schaltwarte

borat versetzt werden, um ein erneutes Kritischwerden des Reaktors zu verhindern. Die Systeme arbeiten teilweise automatisch, aber verschiedene Handsteuerungen sind eingebaut, um die Entscheidungsfreiheit zu erhalten.

wird das Wasser der Aufbereitung nochmals zugeführt. Aus den Speicherbehältern kann das Wasser gemäß den gesetzlichen Auflagen zusammen mit dem Kondensatorkühlwasser in den Main abgeleitet werden.

c) Die Abfälle aus der Abwasseraufbereitung werden in einem Abfallager in 2 Behälter gefüllt, wobei der eine die Harze und der andere die Verdampfungskonzentrate aufnimmt. Nach vorläufigen Schätzungen soll das Lager für etwa 5 Jahre ausreichen.

7. Elektrische Schaltung

Das Kraftwerk ist elektrisch mit dem RWE-Kraftwerk Dettingen verbunden und führt seine erzeugte Leistung dorthin ab.

Im Zusammenhang mit der elektrischen Kabelführung ist die Kabeldurchführung durch die Reaktordruckschale erwähnenswert. Die Durchführung ist so gestaltet, daß die einzelnen Adern der Kabel am Stiften, die mit Glas isoliert in eine Stahlplatte eingebettet sind, innen und außen angelötet werden. Die Stahlplatte ihrerseits wird mit Flanschen druckdicht mit der Druckschale verbunden.

8. Warte

In der Absicht des Erbauers lag es, das gesamte Kraftwerk praktisch von der Zentralwarte aus zu fahren. Das bedeutet, daß die direkte Kontrolle (sehen, fühlen) durch die indirekte (messen, signalisieren) vielmehr als in konventionellen Kraftwerken verdrängt wurde. Trotzdem sollen und müssen regelmäßig Kontrollgänge in der gesamten Anlage durchgeführt werden.

Dieses Konzept war der Grund dafür, daß eine sehr große Warte gebaut werden mußte. Es mußte ein Kompromiß gefunden werden, um einerseits eine Vielzahl von Meßgeräten, Zählern und Schaltern unterzubringen und andererseits der Forderung gerecht zu werden, daß der Wärter jederzeit die Übersicht behält. Wie das gelöst wurde, zeigt Abb. 4.

Herstellungszeit anfallenden Bauzinsen belaufen sich auf etwa 218 Mio S, während die Herstellungskosten des Reaktorkernes einschließlich einer 12%igen Reserve etwa 28 Mio S betrugen. Die Uranfüllung der Brennstoffelemente einschließlich der Reserve-Elemente kostete etwa 50 Mio S. Es muß hier besonders vermerkt werden, daß der angereicherte Brennstoff für das Versuchskernkraftwerk Kahl nicht gegen eine Entrichtung einer Leihgebühr in Höhe von 4% pro Jahr des Uranwertes gepachtet werden konnte. Auf Grund der neuen Bestimmungen der amerikanischen Atomenergiekommission für außerhalb des Euratom-USAEC-Vertrages errichtete Leistungsreaktoren muß das angereicherte Uran gekauft und der volle Kaufpreis 60 Tage nach Lieferung bzw. Rechnungslegung durch die VAK direkt an die USAEC bezahlt werden.

Die für die Erstellung und Brennstoffausstattung des Kernkraftwerkes erforderlichen Mittel wurden von den beiden Gesellschaftern der VAK (RWE —80%, Bayernwerk —20%) aus eigenen Mitteln aufgebracht. Die kalkulierten Stromerzeugungskosten der Anlage betragen, unter Berücksichtigung der in Deutschland üblichen Kalkulationsbasis bei 6 500 Jahresbetriebs-Stunden etwa 62 g/kWh.

IV. Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes:

Die Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Kahl erfolgte in drei Stufen, die sich durch die Art der Prüfungen gegenüber konventionellen Kraftwerken teilweise beträchtlich unterscheiden.

1. Vorprüfungen

Diese werden noch bereits während der Fertigstellung der gesamten Anlage durchgeführt, wobei die Funktionen der einzelnen Anlagenteile und Kreisläufe, insbesondere im

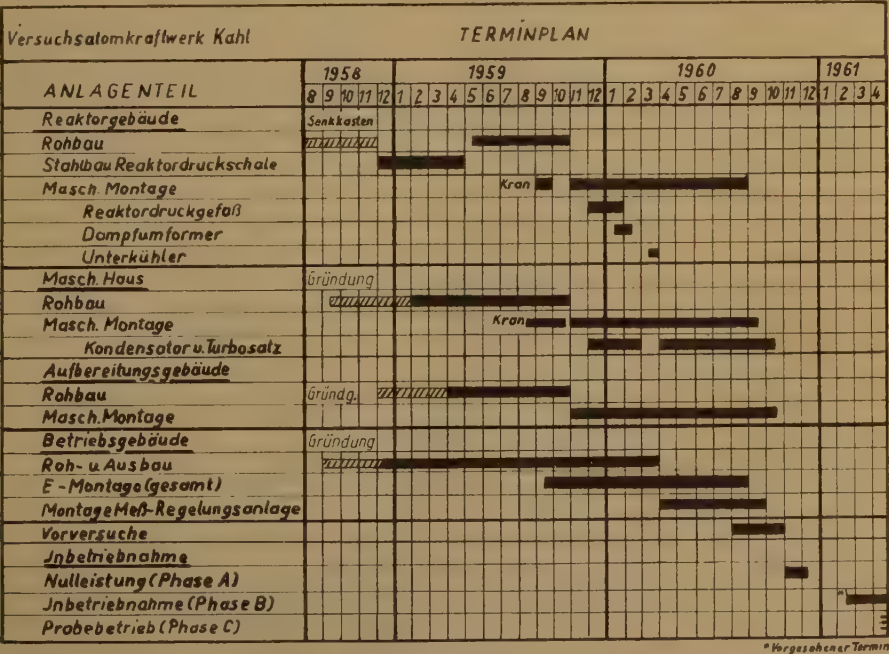


Abb. 5. Terminplan

9. Terminplan

Der zeitliche Ablauf des Baues und der ersten Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes ist der Abb. 5 zu entnehmen.

10. Kosten

Die Gesamtkosten des schlüsselfertigen Kraftwerkes einschließlich aller Nebenkosten jedoch ausschließlich der Kosten für die Brennstoffelemente und der während der

Hinblick darauf durchgeprüft werden, ob die gesetzlichen Vorschriften eingehalten sind. Die Steuer-, Meß- und Schutzeinrichtungen werden daraufhin getestet, ob sie entsprechend den Auslegungsbedingungen arbeiten und ob das geplante Zusammenspiel aller Anlagenteile erreicht werden kann, wobei die Prüfungen zunächst bei simulierten Betriebsbedingungen erfolgen. Eine weitere Kontrolle unter den richtigen Betriebsbedingungen ist in fast allen Fällen unerlässlich.

2. Die Nulleistungsprüfungen¹⁾

Diese Prüfungen beginnen erst dann, nachdem alle Anlagenteile und Kreisläufe, die für das Laden der Brennelemente und die Nulleistungsprüfungen benötigt werden, durchgeprüft sind und die vorbetrieblichen Prüfungen ergeben haben, daß diese Anlagenteile betriebssicher arbeiten. Der eigentliche Beginn der Nulleistungsprüfungen fällt mit dem Einsetzen der Neutronenquelle in das Reaktordruckgefäß zusammen.

Die Nulleistungsprüfungen werden bei offenem Reaktordruckgefäß durchgeführt und die Reaktorleistung überschreitet während dieser Prüfungen in den seltensten Fällen eine Leistung von einigen kW. Dies hängt damit zusammen, daß man an den Einbauten des Reaktordruckgefäßes oder an den Brennstoffelementen selbst bei Bedarf noch ohne Abschirmung arbeiten können möchte.

Die nachstehend angeführten Messungen und Prüfungen wurden mit folgenden Ergebnissen durchgeführt:

1. Laden des Reaktors bis zum minimalen kritischen Reaktorkern.

Ergebnis: Der Reaktor wurde mit 29 Elementen (16 Elemente mit 2,3% U-235 und 13 Elemente mit 2,6% U-235), die in einer 6·5-Anordnung eingesetzt waren, kritisch. Alle eingesetzten Elemente hatten Elementkästen aus Stahl.

2. Prüfen des Orientierungseinflusses der boriierten Stahlkästen auf die Reaktivität.

Ergebnis: Stichproben an 17 Elementen zeigten, daß ihre Stahlelementkästen in den angegebenen Seiten Bor enthielten.

3. Prüfen des minimalen kritischen Reaktorkernes:

a) Reaktivitätseichung von Steuerstäben.

b) Messen des Blasenkoeffizienten der Reaktivität.

Ergebnis: Die Reaktivität des Reaktorkernes mit luftgefülltem Blasenelement war an allen gemessenen Stellen geringer als die Reaktivität mit wassergefülltem Blasenelement.

c) Messen des Temperaturkoeffizienten der Reaktivität.

Ergebnis: Der Temperaturkoeffizient des Reaktorkernes mit 29 Elementen war bei 75°C noch immer positiv.

4. Laden bis zum vollen Betriebskern.

5. Bestimmen der Abschaltreaktivität für folgende Zwischenladungszustände:

- a) Reaktorkern mit 36 Elementen in 6·6-Anordnung.
- b) Reaktorkern mit 48 Elementen in 6·8-Anordnung.
- c) Reaktorkern mit 60 Elementen in 6·10-Anordnung.
- d) Reaktorkern mit 72 Elementen.
- e) Reaktorkern mit 84 Elementen.

6. Messen des Temperaturkoeffizienten für:

- a) Kernladung mit 36 Elementen.
- b) Kernladung mit 60 Elementen.

7. Prüfen der vollen Betriebsladung:

a) Bestimmen der Abschaltreaktivität.

Ergebnis: Der kritische Zustand wurde durch Ausfahren aller 21 Steuerstäbe um 29 cm erreicht. Dieser kritischen Ausfahrtsstrecke entspricht eine Abschaltreaktivität von 7,8% $\Delta k/k$. Die gemessene Abschaltreaktivität war damit um 3,8% $\Delta k/k$ größer als die berechnete.

b) Bestimmen von Ausfahrfolgen und kritischen Anordnungen der Steuerstäbe.

c) Reaktivitätseichung der Steuerstäbe.

d) Messen des Blasenkoeffizienten.

Ergebnis: Der Blasenkoeffizient der Reaktivität wurde in 8 verschiedenen Gitterplätzen des vollen Betriebskernes gemessen. Je nach Lage des ausgewählten Gitterplatzes nahm die Reaktivität des Reaktors bei luftgefülltem Blasenelement um 2,2 bis $4,8 \cdot 10^{-5} \Delta k/k$ ab.

e) Messen des Temperaturkoeffizienten der Reaktivität.

Ergebnis: Wenn 20 Steuerstäbe zwischen 27 bis 28 cm und ein Steuerstab vollständig ausgefahren sind, betrug der Temperaturkoeffizient zwischen 55 und 65°C etwa $+1,2 \cdot 10^{-5} \Delta k/k^\circ C$ und zwischen 75° und 85°C $-1,3 \cdot 10^{-5} \Delta k/k^\circ C$.

Bei der kritischen Steuerstabanordnung, welche für den Normalbetrieb vorgesehen ist, änderte der Temperaturkoeffizient bei 63°C ziemlich scharf sein Vorzeichen, wobei dieses oberhalb 63°C negativ wurde.

3. Leistungsprüfungen

Diese beginnen mit dem Aufsetzen des Druckgefäßdeckels auf das Reaktordruckgefäß und werden in drei Stufen durchgeführt.

a) Erstes nukleares Aufheizen des Primärkreislaufes auf Betriebsdruck und -temperatur.

b) Leistungserzeugung bis zur halben Auslegungsleistung.

c) Leistungserzeugung bis zur vollen Auslegungsleistung.

Über diese Prüfungen wird zur gegebenen Zeit gesondert berichtet²⁾.

²⁾ Die in dieser Abhandlung verwendeten Angaben und Daten sind zum größten Teile der Beilage der Zeitschrift „Die Atomwirtschaft“ Nr. 1/1961 entnommen.

Buchbesprechungen

Atomkraft. Eine Einführung in die Probleme des Atomzeitalters. Von N. ARLEY und H. SKOV. Deutsche Übersetzung von KARIN DE LA MOTTE. Mit 40 Abb., IX, 196 S. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag, 1960. Ganzleinen DM 8,80.

Das Büchlein wurde in der Reihe „Verständliche Wissenschaft“ herausgegeben und versucht die Probleme, die mit der Atomkernspaltung eingeleitet wurden, aufzuzeigen.

Es ist aus dem Norwegischen übersetzt, und schon an dem Titel „Atomkraft“ erkennt man, daß die beiden Autoren oder der Übersetzer in keiner besonders engen Beziehung zu der technischen Problematik stehen.

Die philosophischen Betrachtungen in der Einleitung hingegen sind interessant. Das Buch unterteilt sich in zwei Gruppen:

Teil 1) befaßt sich mit den technischen Problemen, die bei der Ausnutzung der Atomkernenergie nach Meinung der Autoren existieren, und

Teil 2) befaßt sich mit dem biologischen Fragenkomplex. Der letztere Teil ist gut und übersichtlich behandelt, mischt jedoch, auf Effekt abgestimmt, ein Kapitel „Fall-out“ und „Atombombe“ hinein.

Da Fachliteratur, auch solche, die für den Durchschnittsbildeten verständlich ist, in ausreichendem Maße existiert, bringt die „Atomkraft“ nichts Neues oder Verständlicheres für die „Verständliche Wissenschaft“.

M. HIGATSBERGER, Wien

Wir und die Atombombe. Von Primararzt DDr. GEORG FUCHS. 36 S. Wien: Sensen-Verlag, 1960.

Das Büchlein schildert allgemein verständlich die Strahleneinwirkungen auf den Organismus, wie die Entstehung bösartiger Geschwülste und die Erbschäden. Das Atomkraftwerk findet keine Erwähnung.

DIE SCHRIFTLEITUNG

Runderlaß Nr. 14

des Bundesministeriums für Handel und Wiederaufbau über Abänderung von elektrizitätsrechtlich geltenden Vorschriften

Die in Österreich in Kraft stehenden Bestimmungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik, das sind die Bestimmungen des VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) vom Stande 10. IV. 1945 in der Fassung der Runderlässe Nr. 1 und 2 des ehemaligen Bundesministeriums für Energiewirtschaft und Elektrifizierung¹⁾ und der Runderlässe Nr. 3 bis 13 des Bundesministeriums für Handel und Wiederaufbau²⁾ erfordern weitere Abänderungen. Bei der Anwendung des Vorschriftenwerkes haben daher zusätzlich die folgenden Bestimmungen zu gelten, wobei bezüglich der Rückwirkung auf bereits bestehende elektrische Anlagen auf die in Österreich in Kraft stehenden Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen, VDE 0105/XII.40, § 2a, verwiesen wird.

I.

In den Bestimmungen VDE 0100/VIII.44 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1 000 V“ wird § 22 (Freileitungen) außer Kraft gesetzt und durch folgenden Hinweis ersetzt:

Für die Errichtung von Freileitungen mit Betriebsspannungen unter 1 000 V gelten die Bestimmungen der mit Runderlaß Nr. 12, Zl. 130.001-III/15-1959, in Abschnitt VI in Kraft gesetzten österreichischen Freileitungsvorschriften ÖVE-L 1/1956 einschließlich Nachtrag ÖVE-L 1a/1959.

In den Bestimmungen VDE 0101/V.43 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1 000 V und darüber“ wird § 19 (Freileitungen) außer Kraft gesetzt und durch folgenden Hinweis ersetzt:

Für die Errichtung von Freileitungen mit Betriebsspannungen von 1 000 V und darüber gelten die Bestimmungen der mit Runderlaß Nr. 12, Zl. 130.001-III/15-1959, in Abschnitt VI in Kraft gesetzten österreichischen Freileitungsvorschriften ÖVE-L 1/1956 einschließlich Nachtrag ÖVE-L 1a/1959. Zur Verhinderung der Gefährdung von Fernmeldeleitungen haben die Freileitungen mit Betriebsspannungen von 1 000 V und darüber überdies den geltenden Bestimmungen VDE 0228/1925 „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen“ zu entsprechen.

II.

Die Bestimmungen VDE 0110/XII.44 „Vorschriften für die Bemessung der Kriech- und Luftstrecken elektrischer Betriebsmittel“ werden außer Kraft gesetzt und durch jene Bestimmungen ersetzt, die in dem im Verlage des Öster-

reichischen Verbandes für Elektrotechnik unter dem Titel „Entwurf österreichischer Vorschriften über Kriech- und Luftstrecken, ÖVE-A 60/1961“ am 1. Jänner 1961 herausgegebenen Druckwerke enthalten sind.

Geltungsbeginn und Übergangsfrist werden durch die Bestimmungen dieser Vorschrift selbst geregelt.

Wenn in anderen, in Österreich geltenden Vorschriften auf die vorgenannten, außer Kraft gesetzten VDE-Vorschriften hingewiesen wird, dann sind solche Hinweise von nun an auf die in diesem Runderlaß in Kraft gesetzten Vorschriften zu beziehen.

III.

In den Bestimmungen VDE 0660/IX.39 „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3 000 V Gleichspannung“ werden die restlichen §§ 44, 50, 55, 66 und 71, welche gemäß Runderlaß Nr. 7, Zl. 34.474-I/6-54 vom 1. VI. 1954, noch in Geltung stehen, außer Kraft gesetzt und durch jene Bestimmungen ersetzt, die in dem im Verlage des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik unter dem Titel „Entwurf österreichischer Vorschriften über Verbraucherschaltgeräte, ÖVE-S 40/1961“ am 1. Jänner 1961 herausgegebenen Druckwerke enthalten sind. Dementsprechend ist Abschnitt I 2), 2. bis 5. Zeile, in Runderlaß Nr. 7, Zl. 34.474-I/6-54, zu streichen.

Geltungsbeginn und Übergangsfrist werden durch die Bestimmungen dieser Vorschriften selbst geregelt.

Wenn in anderen, in Österreich geltenden Vorschriften auf die vorgenannten, außer Kraft gesetzten VDE-Vorschriften hingewiesen wird, dann sind solche Hinweise von nun an auf die in diesem Runderlaß in Kraft gesetzten Vorschriften zu beziehen.

IV.

Die Bestimmungen VDE 0855/I.44 „Vorschriften für Antennenanlagen“ werden außer Kraft gesetzt und durch jene von der Generaldirektion für die Post- und Telegraphenverwaltung gemäß BM. Zl. 56.842-9/60 genehmigten Bestimmungen ersetzt, die im Verlage des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik unter dem Titel „Österreichische Vorschriften über Antennenanlagen, ÖVE-F 90/1961“ am 1. Jänner 1961 herausgegeben wurden.

Geltungsbeginn und Übergangsfrist werden durch die Bestimmungen dieser Vorschriften selbst geregelt.

Wenn in anderen, in Österreich geltenden Vorschriften auf die vorgenannten, außer Kraft gesetzten VDE-Vorschriften hingewiesen wird, dann sind solche Hinweise von nun an auf die in diesem Runderlaß in Kraft gesetzten Vorschriften zu beziehen.

Wien, am 17. November 1960

Der Bundesminister:

Dr. Bock

Für die Richtigkeit
der Ausfertigung:

Zeilner

¹⁾ Zl. 10.816-6/47 vom 30. V. 1947 und 10.229-1/49 vom 21. VI. 1949.
²⁾ Zl. 67.153-II/6a-50 vom 1. I. 1951, 43.791-I/6-51 vom 3. VIII. 1951, 45.691-I/6-52 vom 14. XI. 1952, 44.450-I/6-53 vom 14. X. 1953, 34.474-I/6-54 vom 1. VI. 1954, 30.026-I/6-55 vom 5. IV. 1955, 41.189-I/6-56 vom 16. III. 1956, 52.140-III/6-57 vom 8. V. 1957, 131.451-III/15-58 vom 21. V. 1958, 130.001-III/15-59 vom 8. IV. 1959 und 135.139-III/15-59 vom 8. I. 1960.

WALTER VOGEL & CO.

Kommanditgesellschaft

WÄRME-, KÄLTE- UND SCHALLSCHUTZ

WIEN I, WIPPLINGERSTRASSE 13

TELEGRAMM: JSVOG WIEN — TELEFON: 63 91 42



Heizungswasser-Ausdehnungsgefäß mit 2 Kaskaden und Anschlußrohrleitungen
im Fernheizkraftwerk Wels, O.-Ö.

GRAND-HOTEL PANHANS

(SEMNERING 1040 m)

Modernst ausgestattetes Haus mit neuen Appartements, Gesellschaftsräumen, Wintergarten, Liegeterrassen, Bar, Hotelkino, Garagen

Schwechater Bierstuben (bürgerl. Restaurant)

Panhans-Weindiele, täglich Stimmungs- und Tanzmusik

Temperiertes Alpenstrandbad (im Sommer)

Maurisches Sprudelschwimmbad (im Winter)

Panhans-Gäste-Reiten

Panhans-Tennisplatz, resp. Eislaufplatz

Sessellift auf den Sonnwendstein, Hirschenkogel und Stuhleck ganzjährig in Betrieb

Tagespension, Wochenarrangements, Sonderarrangements für Tagungen und Veranstaltungen

GRAND-HOTEL PANHANS, Semmering: 02664/366—369, 485 • Fernschreiber: 01/676

DAS STROMVERSORGUNGSUNTERNEHMEN
DES LANDES OBERÖSTERREICH



OBERÖSTERREICHISCHE
KRAFTWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT

LINZ/DONAU, BAHNHOFSTRASSE 6

Printed in Austria

P. b. b. / Erscheinungsort: Wien / Verlagspostamt Wien 1